



## Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

Obor: Inovační inženýrství

Zaměření : Inovace výrobku

# **INOVACE LEPENÍ TĚSNĚNÍ ZAVEDENÍM JEDNOÚČELOVÉHO STROJE**

Aleš Géczi

Vedoucí práce: Ing. Petrů Michal, Ph.D.

Počet stran: 72

Počet příloh: 11

Počet obrázků: 51

Počet tabulek: 11



## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum: 23.5. 2013

Podpis .....



**TÉMA:**        **Inovace lepení těsnění zavedením jednoúčelového stroje**

**ANOTACE:**

Diplomová práce se zabývá inovací současného stavu lepení těsnění na filtr, které je doposud realizováno ruční výrobou. Byly provedeny návrhy konceptů řešení, kde na základě klíčových kritérií byl vytvořen konstrukční návrh jednoúčelového stroje. Při návrhu byla zohledněna nízká cena, snadná montáž a výroba dílů prostřednictvím technologií firmy GEA, pro kterou byla práce vypracována. Při tvorbě konceptu byly použity metody a nástroje inovačního inženýrství, např.: Paretova analýza, Brainstorming, dekompozice problému a FMEA a také pro vybrané části návrhu stroje byla provedena pevnostní kontrola. Výstupem práce je konstrukce jednoúčelového stroje, který dodrží zadané požadavky a zároveň zkrátí čas potřebný pro lepení těsnění na filtr.

Klíčová slova:        jednoúčelový stroj, lepení těsnění, filtr, FMEA

**THEME:**        **Innovation of the seal sticking introduction of single-purpose machine**

**ANNOTATION:**

This thesis deals with innovation of the current state of the seal sticking to the filter, this is currently carried out manually. The suggestions that are made to this draft are solutions based on key criteria leading to a dedicated machine being designed. In this proposal there is a consideration for, low cost, ease of assembly and the manufacture of parts based on the technology of GEA, for whom this work has been prepared. During drafting the methods and innovative engineering tools used where: Pareto analysis, brainstorming, problem decomposition, FMEA, strength checks for selected parts of the machine design where also carried out. The outcome of this work is the construction of a single-purpose machine that complies with the specified requirements and also reduces the time required for bonding the seal on the filter.

Key words:            single-purpose machine, seal sticking, filter, FMEA



## Poděkování

Velmi rád bych poděkoval panu Ing. Michalovi Petřů, Ph.D. za cenné rady, připomínky a náměty při vedení mé diplomové práce. Chtěl bych také poděkovat za spolupráci a odbornou pomoc technologovi kanceláře pro středisko filtrů ve firmě GEA LVZ a. s. panu Antonínu Konopiskému.



## Obsah

|  |    |
|--|----|
| Prohlášení.....  | 2  |
| ANOTACE: .....   | 3  |
| Poděkování.....  | 4  |
| Obsah .....  | 5  |
| Seznam symbolů a jednotek .....                                      | 6  |
| 1 Úvod.....  | 8  |
| 2 Rozdělení výroby filtrů.....                                       | 9  |
| 2.1 Popis současného stavu lepení profilového těsnění .....          | 10 |
| 2.2 Kritéria jednoúčelového stroje pro lepení těsnění na filtr ..... | 11 |
| 3 Návrh konceptů.....  | 12 |
| 3.1 Paretova analýza.....  | 12 |
| 3.2 Dekompozice problému .....                                       | 12 |
| 3.3 Benchmarking .....   | 14 |
| 3.4 Koncept 1 .....  | 19 |
| 3.5 Koncept 2 .....  | 22 |
| 3.6 Koncept 3 .....  | 25 |
| 3.7 Koncept 4 .....  | 28 |
| 3.8 Koncept 5 .....  | 31 |
| 3.9 Výběr konceptů: .....  | 34 |
| 4 Konstrukční návrh jednoúčelového stroje .....                      | 35 |
| 4.1 Popis funkce jednotlivých pracovišť .....                        | 35 |
| 4.2 Návrh klíčových dílů:.....                                       | 36 |
| 4.2.1 Návrh motoru:.....   | 36 |
| 4.2.2 Návrh řemenice:.....   | 38 |
| 4.2.3 Návrh a kontrola hřídele: .....                                | 40 |
| 4.2.4 Kontrola namáhání hřídele prostřednictvím MKP.....             | 43 |
| 4.2.5 Návrh a kontrola ložisek: .....                                | 45 |
| 4.2.6 Návrh pístů:.....  | 46 |
| 4.2.7 Návrh přísávací desky :.....                                   | 47 |
| 4.3 Detailní rozpracování konstrukce: .....                          | 48 |
| 5 Přezkoumání konstrukčního návrhu pomocí metody FMEA .....          | 57 |
| 6 Závěr: .....   | 58 |
| 7 Seznam použité literatura.....                                     | 60 |
| 8 Přílohy:.....  | 62 |



## Seznam symbolů a jednotek

|                        |  |                        |
|------------------------|--|------------------------|
| $\Delta\varphi$        | ... úhlová dráha                         | [rad]                  |
| $t_1, t_2$             | ... čas rozjezdu, čas brždění            | [s]                    |
| $\omega$               | ... úhlová rychlost                      | [rad·s <sup>-1</sup> ] |
| $\alpha$               | ... úhlové zrychlení                     | [rad·s <sup>-2</sup> ] |
| $n$                    | ... otáčky                               | [ot/min]               |
| $m$                    | ... hmotnost                             | [kg]                   |
| $J$                    | ... moment setrvačnosti                  | [kg/m <sup>2</sup> ]   |
| $M_k$                  | ... kroutící moment                      | [Nm]                   |
| $P$                    | ... výkon motoru                         | [kW]                   |
| $i$                    | ... převodové číslo                      | [-]                    |
| $r_1, r_2$             | ... poloměr řemenic                      | [mm]                   |
| $\mu$                  | ... účinnost převodu                     | [-]                    |
| $Z_1, Z_2$             | ... počet zubů řemenice 1,2              | [-]                    |
| $D_1, D_2$             | ... průměr řemenice 1,2                  | [mm]                   |
| $L_1, L_2$             | ... délka řemenice 1,2                   | [mm]                   |
| $a$                    | ... osová vzdálenost řemenic             | [mm]                   |
| $L$                    | ... délka řemene                         | [mm]                   |
| $\pi$                  | ... Ludolfovo číslo                      | [-]                    |
| $F_{V1}, F_{V2}$       | ... síla v řemeni – větev 1, 2           | [N]                    |
| $F_1, F_2$             | ... obvodová síla řemenice 1, 2          | [N]                    |
| $F_S$                  | ... zatěžující síla stolu                | [N]                    |
| $T$                    | ... tečná síla – vnitřní statické účinky | [N]                    |
| $M_o$                  | ... ohybový moment                       | [Nm]                   |
| $R_1, R_2$             | ... reakce 1,2                           | [N]                    |
| $R_{P0,2}$             | ... smluvní mez kluzu                    | [MPa]                  |
| $W_O$                  | ... modul nosného průřezu v ohybu        | [mm <sup>3</sup> ]     |
| $\sigma_{\text{omax}}$ | ... maximální ohybové napětí             | [MPa]                  |



|            |   |                      |
|------------|---|----------------------|
| $W_K$      | ... modul nosného průřezu v krutu           | [mm <sup>3</sup> ]   |
| $d$        | ... průměr hřídele                          | [mm]                 |
| $\tau_K$   | ... tečné napětí v krutu                    | [MPa]                |
| $\sigma_e$ | ... redukované napětí                       | [MPa]                |
| $K$        | ... bezpečnost                              | [-]                  |
| $E$        | ... modul pružnosti v tahu a tlaku          | [MPa]                |
| $\mu$      | ... Poissonovo číslo                        | [-]                  |
| $C$        | ... dynamická únosnost ložiska              | [N]                  |
| $C_0$      | ... statická únosnost ložiska               | [-]                  |
| $P$        | ... ekvivalentní zatížení ložiska           | [N]                  |
| $L_{10}$   | ... základní trvanlivost ložiska            | [-]                  |
| $L_{h10}$  | ... základní trvanlivost ložiska v hodinách | [hod]                |
| $F_G$      | ... gravitační síla                         | [N]                  |
| $g$        | ... gravitační zrychlení                    | [m·s <sup>-2</sup> ] |
| $F$        | ... síla pístu                              | [N]                  |
| $F_C$      | ... celková potřebná síla                   | [N]                  |
| $S_K$      | ... bezpečnost, vzpěr                       | [-]                  |
| $D$        | ... průměr přísávacího otvoru               | [mm]                 |
| $p$        | ... vakuum                                  | [kPa]                |
| $n$        | ... počet přísavek                          | [-]                  |
| $s$        | ... součinitel bezpečnosti                  | [-]                  |
| $Q_1$      | ... odsávaný objem                          | [l/min]              |
| $Q_2$      | ... maximální průtočný objem                | [l/min]              |
| $Q_{max}$  | ... maximální sací výkon ejektoru           | [l/min]              |
| $S$        | ... poměrný průřez vedení                   | [mm <sup>2</sup> ]   |
| $V$        | ... objem vedení                            | [dm <sup>3</sup> ]   |



# 1 Úvod

Filtry jsou jedním z klíčových součástí každého vzduchotechnického zařízení, protože zajišťují čistotu vstupního a výstupního vzduchu. Pro jejich správnou funkčnost je nezbytné těsnění mezi upínacím členem a filtrem, které zaručuje, že proud vzduchu projde filtrem a tudíž bude splňovat požadované parametry. Pro výrobce filtrů to přináší zvýšení kladených požadavků. Mezi ně patří zadavatel diplomové práce firma GEA Heat Exchangers a.s., která se zabývá výrobou filtrů, pro které používá mnoho druhů těsnění. Jedním z nich je profilové těsnění. Vzhledem k jeho specifickému použití, je velký důraz kladen na kvalitu spojení tohoto těsnění s filtrem. Aby tohoto požadavku bylo dosaženo, celá operace lepení profilového těsnění na filtr je prováděna ruční výrobou. V dnešní době už nestačí prodávat jen kvalitní výrobky, ale stále větší důraz je kladen na cenu. Proto vznikl požadavek na inovování tohoto procesu lepení těsní, za účelem nahrazení nebo omezení ruční výroby a v konečném důsledku snížení nákladů na operaci lepení těsnění.

Cílem diplomové práce je inovovat proces lepení profilového těsnění na filtry zavedením jednoúčelového stroje, který tuto operaci zkrátí a přitom dodrží podmínky těsnosti a přesnosti nalepení. Hlavní přínos inovace spočívá v návrhu levného a snadno vyrobitelného jednoúčelového stroje, čehož má být dosaženo konstrukcí z co nejvíce standardních dílů a výrobou dílů pomocí technologií, kterými disponuje výrobní podnik GEA v Liberci.

Výstupem této práce je detailní rozpracování vybraného konceptu, které zahrnuje výkresovou dokumentaci sestavy, bezpečnostní kontrolu klíčových dílů a prověření konstrukce pomocí metody FMEA. Nedílnou součástí je také zhodnocení přínosu inovace. Dále posouzení, jestli nalezené řešení splňuje požadovaná kritéria a zda bylo dosaženo cílů této práce.

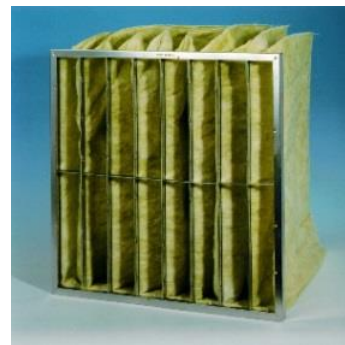




## 2 Rozdělení výroby filtrů

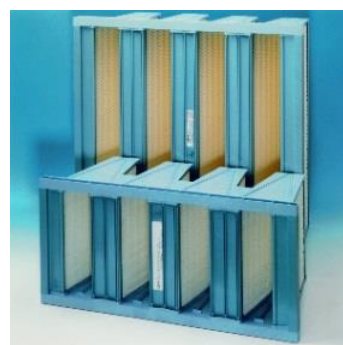
### Výroba filtrů se dělí na:

*Kapsové filtrační vložky* GEA MULTISACK, obr. 2.1, jsou složeny z kapes ve tvaru klínu ze syntetických nebo skelných vláken, které jsou upevněny do rámečku ve tvaru U-profilu z pozinkované ocelového plechu nebo umělé hmoty. Typickou oblastí použití ve vzduchotechnice je filtrace hrubých a jemných prachových částic v oblasti komfortní klimatizace i průmyslové filtrace vzduchu. Třída filtrace G4, M5, M6, F7, F8. Ve třídě filtrace M5 a F7 lze dodat provedení FireTex (materiál s ochranou proti vzniku požáru) a SepTex (materiál s antibakteriální úpravou). [1]



**Obr. 2.1 :** Kapsový filtr [1]

*Filtrační vložky pro hrubou filtraci vzduchu*, obr. 2.2, jsou vhodné pro použití ve speciálních oblastech klimatizace a vzduchotechniky k odlučování hrubých a jemných prachových částic, zvláště pak v průmyslové oblasti k odlučování olejové a emulzní mlhy v zařízeních jak pro přívod, tak i odtah vzduchu. Kovové filtrační vložky se používají jako předfiltry k odlučování olejové a emulzní mlhy a také jako ochrana před jiskrami. [1]



**Obr. 2.2 :** Filtr Multiform [1]

*Vysoce účinné filtrační vložky*, obr. 2.3, filtrují vzduch v čistých prostorách a chrání citlivé výrobky nebo výrobní procesy před kontaminací. Filtrační materiály vysoce účinných filtračních vložek jsou z filtračního papíru ze skelných mikrovláken a složence jsou fixovány pomocí technologie Hot-Melt (tavné lepidlo) nebo hliníkovými separátory. Vysoce účinné filtrační vložky se mimo jiné používají v následujících oblastech: mikroelektronika, výroba polovodičů, chemický



**Obr. 2.3:** Filtr třídy Hepa [1]



a farmaceutický průmysl, mikrobiologie, lékařství a potravinářský průmysl. [1]

*Speciální filtry* (např. patrony s aktivním uhlím) viz obr. 2.4 Patrony s aktivním uhlím slouží k adsorpci škodlivých plynů v klimatizačních zařízeních. Jsou vsazovány do upínacích rámců vzduchotechnických zařízení. Meziprostory jsou vyplněny obnovitelným aktivním uhlím. Volba příslušného sorbentu závisí na fyzikálních a chemických vlastnostech látky určené k adsorpci. Patrony slouží v klimatizačních zařízeních k adsorpci škodlivých plynů a pachů. [1]



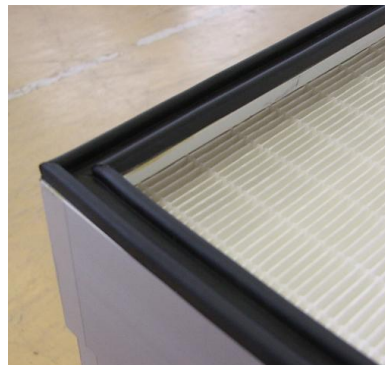
**Obr. 2.4 :** Speciální filtr [1]

## 2.1 Popis současného stavu lepení profilového těsnění

Na pracoviště lepení těsnění přichází hotové Hepa filtry a těsnění od dodavatele. Rám filtru má rozměry v rozmezí 305x305 mm až 762x762 mm. Materiál rámu filtru může být z hliníku, MDF nebo pozinkovaného plechu. Výška rámu je od 42 mm do 292 mm. Maximální hmotnost největšího filtru je cca 20 kg. Těsnění je obdélníkové nebo čtvercové, tj. má rozměry jako filtr viz obr. 2.5 a obr. 2.6. Protože je těsnění vyrobeno z pryže, nezachovává při manipulaci konstantní tvar, jak ukazuje obr. 2.8. Operátor natírá spojované plochy rámu a těsnění pomocí štětce. Těsnění musí v průběhu operace napínat, což zvyšuje časovou náročnost celého procesu, viz obr. 2.7. Spojení je realizováno pomocí tlaku, který ručně vyvine operátor. Spojovacím materiálem je lepidlo Alkaprén 50 Plus. Pokud je rám vytvořen z MDF, pak hlavní nedostatek této technologie spočívá v nutnosti dvojího nátěru rámu, a to z důvodů poréznosti materiálu. Po technologickém čekání na zaschnutí první vrstvy lepidla, které odstranilo pórovitost povrchů, následuje další natření lepidlem, které realizuje vlastní spojení filtru a těsnění. Délka operace se pohybuje kolem 6,8 min v závislosti na velikosti filtru. Z důvodů velké pracnosti a časové náročnosti této operace vznikl požadavek na návrh jednoúčelového stroje pro lepení těsnění na filtry.



**Obr. 2.5:** Filtr s těsněním



**Obr. 2.6:** Detail A -filtru s těsněním



**Obr. 2.7:** Ukázka ruční montáže



**Obr. 2.8:** Těsnění

## 2.2 Kritéria jednoúčelového stroje pro lepení těsnění na filtr

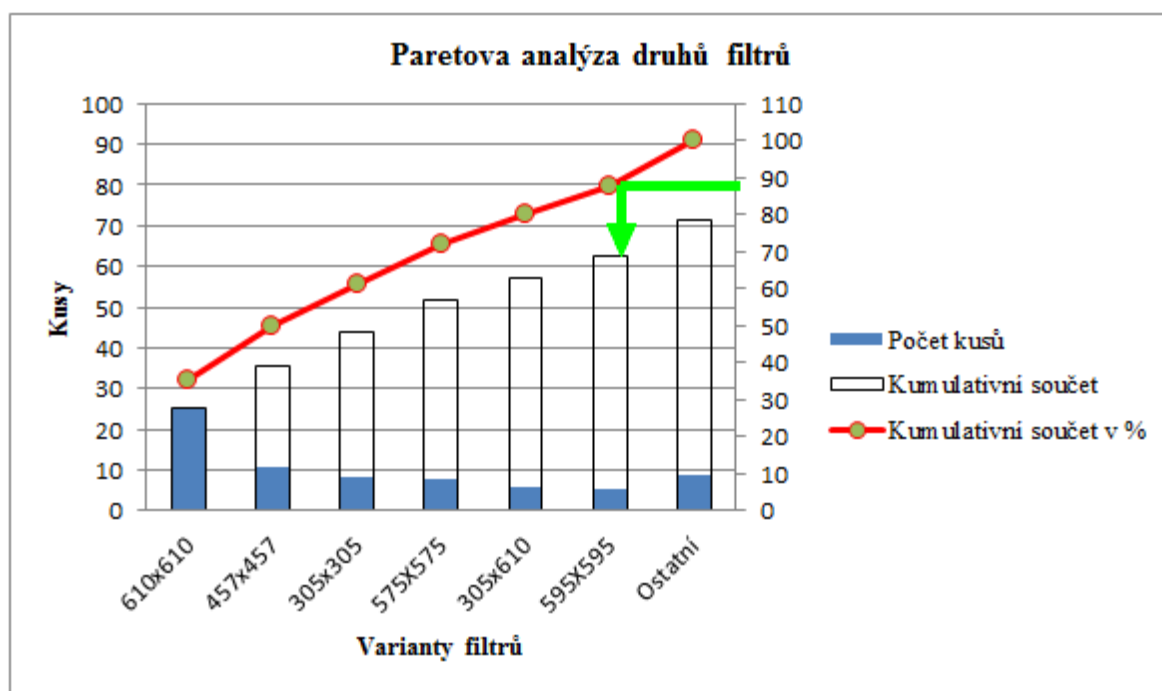
Navrhovaný jednoúčelový stoj by měl zaručit 100% spojení filtru a profilového těsnění. Hlavní přínos spočívá ve zkrácení celkového času (samotná operace a technologický čas) pro vykonání této operace a to na 2 min a eliminaci ručních operací, čehož se má docílit zavedením částečné automatizace. Náklady na výrobu tohoto zařízení by měly být do 200 000 Kč. Měl by se zachovat stávající počet operátorů pro tuto operaci, tj. tento jednoúčelový stroji by měl být obsluhován jedním operátorem. Na hale je možno využít pouze pneumatický rozvod vzduchu o tlaku 6 barů a přívod elektrické energie. Důležitým hlediskem, na které by měl být kladen důraz, je co nejmenší zástavbová plocha.



## 3 Návrh konceptů

### 3.1 Paretova analýza

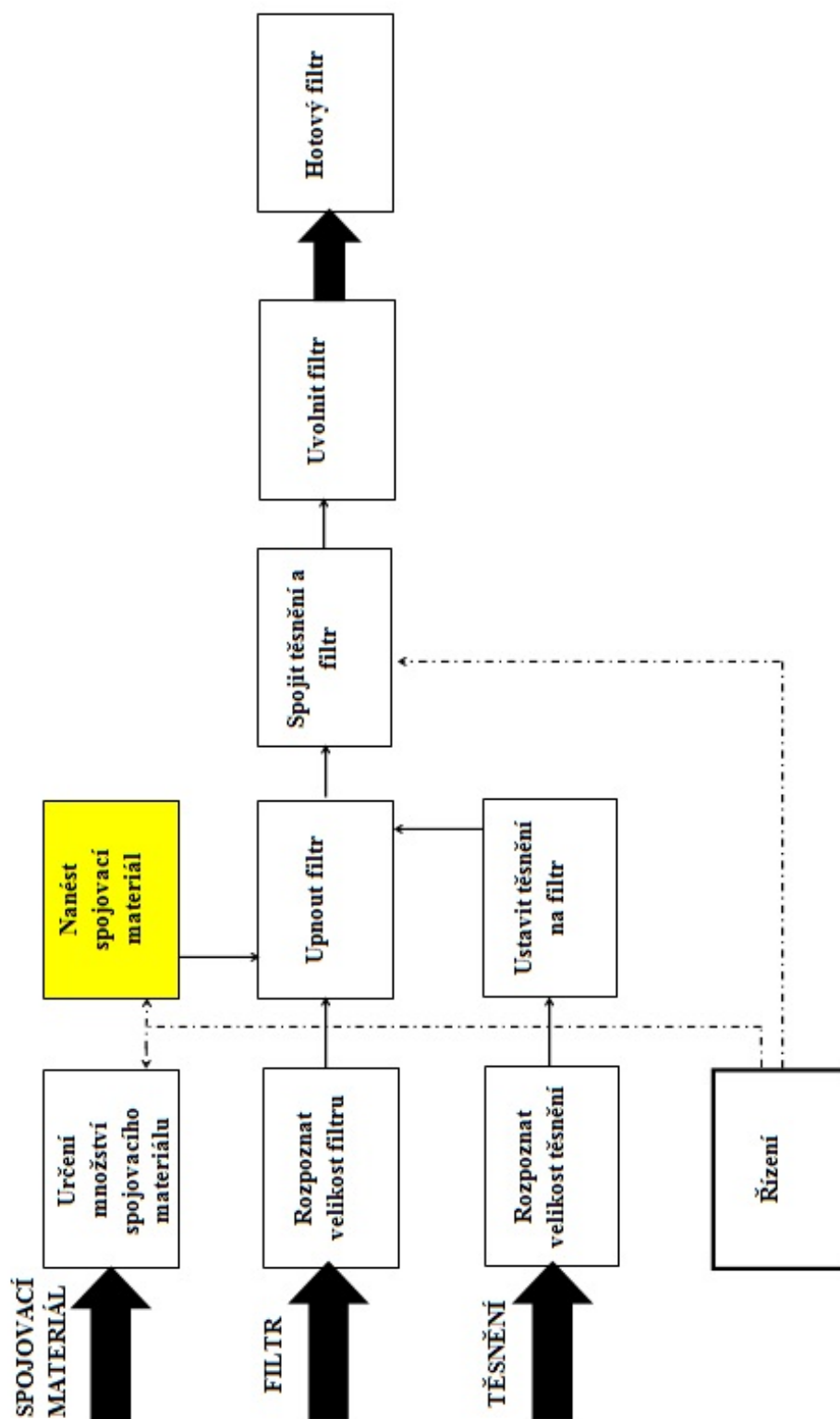
Vzhledem k velikému sortimentu výrobků, je prvním krokem při návrhu konceptů provedení analýzy typů filtrů, které se vyrábějí a pro které bude konstruován jednoúčelový stroj. Kritériem pro výběr typů filtrů pro jednoúčelový stroj, jsou rozměry délka x šířka. Nejprve byla připravena data o počtu a typech filtrů, které se v roce 2011 vyrobily. Tato data byla vyhodnocena pomocí Paretovy analýzy (viz. graf 3.1) a zvoleného rozhodovacího kritéria, že cca 10% typů výrobků tvoří cca 90% výroby. Protože se jedná o interní a nepublikovatelné informace firmy, jsou zde předloženy pouze výsledky této analýzy ve formě grafů. Osa grafu s počtem kusů je zvolena v poměru ke skutečnému množství vyráběných filtrů.



Graf 3.1: Paretova analýza pro výběr typů filtrů

### 3.2 Dekompozice problému

Dalším krokem při návrhu konceptů zařízení byla dekompozice problému do dílčích řešení, která bude třeba vyřešit. Viz obr. 3.1. Z této jednoduché analýzy vyplývá, na které dílčí řešení je třeba se zaměřit při generování konceptu. Z důvodu požadavku



Obr. 3.1: Funkční diagram navrhovaného zařízení



nízké ceny jednoúčelového stroje, bude rozpoznání velikosti těsnění i filtru a umístění těsnění na filtr provádět operátor. Řešení problému upnutí, uvolnění a spojení (tlakové) těsnění s filtrem nebude až tak obtížné z důvodu již velkého počtu vymyšlených technických řešení. Z této analýzy jasně vyplývá, že klíčovým dílčím řešením, na které je třeba se zaměřit, je nanesení spojovacího materiálu. Řízení množství naneseného materiálu bude závislé na způsobu nanášení spojovacího materiálu.

### 3.3 Benchmarking

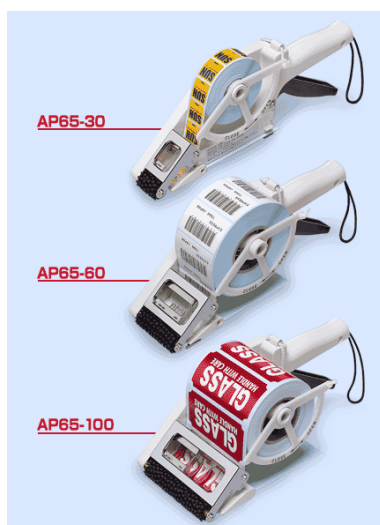
Benchmarking představuje metodický princip pojednávající o porovnání a vyhodnocování veličin a údajů charakterizujících určité procesy s veličinami a údaji srovnávanými. [2] Krátkým průzkumem různých způsobů řešení nanášení spojovacího členu, byly nalezeny některé aplikátory, jejichž princip je možné využít při návrhu jednoúčelového stroje a jsou zobrazeny na obr. 3.2 až 3.4.



Obr. 3.2: Aplikátor ATG [3]



Obr. 3.3: Pistole DL 1 [4]



Obr. 3.4: Aplikátory pro nanášení samolepek [5]



Pomocí metod Brainstorming a Scamper byly zjištěny následující druhy spojovacího materiálu, způsoby nanesení spojovacího materiálu a řízení nanášení spojovacího materiálu.

### **Spojovací materiál**

- tekutý – lepidlo
- pevný – lepící páska, tuhé lepidlo
- suspenze
- aerosol
- mezičlen – hřebíky, šrouby, tvarové spojení

### **Způsob nanesení spojovacího materiálu - technologie:**

- stříkání pomocí trysky z malé vzdálenosti
- namáčení
- natisknutí (pomocí savého členu)
- natírání
- válečkování
- ruční lepení pásy
- odmotání pásy a následné mechanické přitlačení – princip lepící pistole, viz obr. 3.2.
- odmotání pásy a následné přitlačení proudem vzduchu
- nastřelování

### **Způsob řízení nanesení spojovacího materiálu po celém obvodu:**

- pomocí CNC řízení – nanášecí člen objede celý obvod
- spojovací materiál je na celý obvod nanesen najednou (natisknutí)
- spojovací materiál je na celý obvod nanesen najednou v jednotlivých bodech (rám s velkým množstvím trysek)
- pomocí jednotlivých lineárních členů, které nanesou přidělenou hranu filtru (např. píst)

Ze všech možných řešení byla vybrána reálná řešení a zapsána do tabulky 3.1.



**Tab. 3.1:** Možnosti řešení spojení těsnění a filtru

| SPOJOVACÍ MATERIÁL | ZPŮSOB NANESENÍ (TECHNOLOGIE)  | ŘÍZENÍ NANESENÍ PO CELÉM OBVODĚ |
|--------------------|--|---------------------------------|
| 1. Páska           | 1. Váleček   | 1. CNC                          |
| 2. Lepidlo         | 2. Savý člen   | 2. Lineární členy               |
|                    | 3. Tryska  | 3. Celý obvod najednou          |
|                    | 4. Princip pistole s oboustrannou lepící páskou                                    |                                 |
|                    | 5. Princip pistole s oboustrannou lepící páskou a přitlačení pomocí proudu vzduchu |                                 |

Jednotlivé položky z tab. 3.1 byly různě kombinovány a bylo získáno prvních 10 reálných řešení způsobu nanesení spojovacího materiálu, jak ukazuje tab. 3.2.

**Tab. 3.2:** Kombinace možností řešení spojení těsnění a filtru

| SPOJOVACÍ MATERIÁL | ZPŮSOB NANESENÍ (TECHNOLOGIE)   | REALIZACE NANESENÍ SPOJ. MATERIÁLU PO CELÉM OBVODĚ | NÁZEV ŘEŠENÍ  |
|--------------------|---|--|---------------|
| 1. Páska           | 4. Princip pistole s lepící páskou                                    | 1. CNC   | <b>1.4.1.</b> |
| 1. Páska           | 4. Princip pistole s lepící páskou                                    | 2. Lineární členy                                  | <b>1.4.2.</b> |
| 1. Páska           | 5. Princip pistole s lepící páskou a přitlačení pomocí proudu vzduchu | 1. CNC   | <b>1.5.1.</b> |
| 1. Páska           | 5. Princip pistole s lepící páskou a přitlačení pomocí proudu vzduchu | 2. Lineární členy                                  | <b>1.5.2.</b> |
| 2. Lepidlo         | 1. Váleček  | 1. CNC   | <b>2.1.1.</b> |
| 2. Lepidlo         | 1. Váleček  | 2. Lineární členy                                  | <b>2.1.2.</b> |
| 2. Lepidlo         | 2. Savý člen  | 3. Celý obvod najednou                             | <b>2.2.3.</b> |
| 2. Lepidlo         | 3. Tryska   | 1. CNC   | <b>2.3.1.</b> |
| 2. Lepidlo         | 3. Tryska   | 2. Lineární členy                                  | <b>2.3.2.</b> |
| 2. Lepidlo         | 3. Tryska   | 3. Celý obvod najednou                             | <b>2.3.3.</b> |





Dále bylo potřeba tyto řešení porovnat a vyhodnotit dle zadaných a zvolených kritérií (viz tab. 3.3). Byla stanovena podmínka, že řešení, které bude rozpracováno, by v součtu mělo splnit alespoň z 80% daná kritéria. Každému kritériu byla také přiřazena váha podle jeho významu. Každé řešení mohlo získat 1 až 3 body v jednotlivých kritériích. Míra splnění daného kritéria je u jednotlivých řešení vyjádřena následujícími body:

- 3 body - nadprůměrné splnění
- 2 body - dostačující splnění
- 1 bod - minimální splnění

Výsledkem tohoto porovnání bylo zjištěno, že optimálním řešením je použití lepicí pásky nanášené lineárními členy. Tento výsledek dal jasný podklad pro návrh následujících konceptů. Tato technologie - použití lepicí pásky - byla také vyzkoušena (zatím ruční lepení) a jeví se jako vyhovující z hlediska těsnosti, čistoty spoje a také z hlediska zvýšení produktivity.



Tab. 3.3: Vyhodnocení možnosti řešení spojení těsnění a filtru

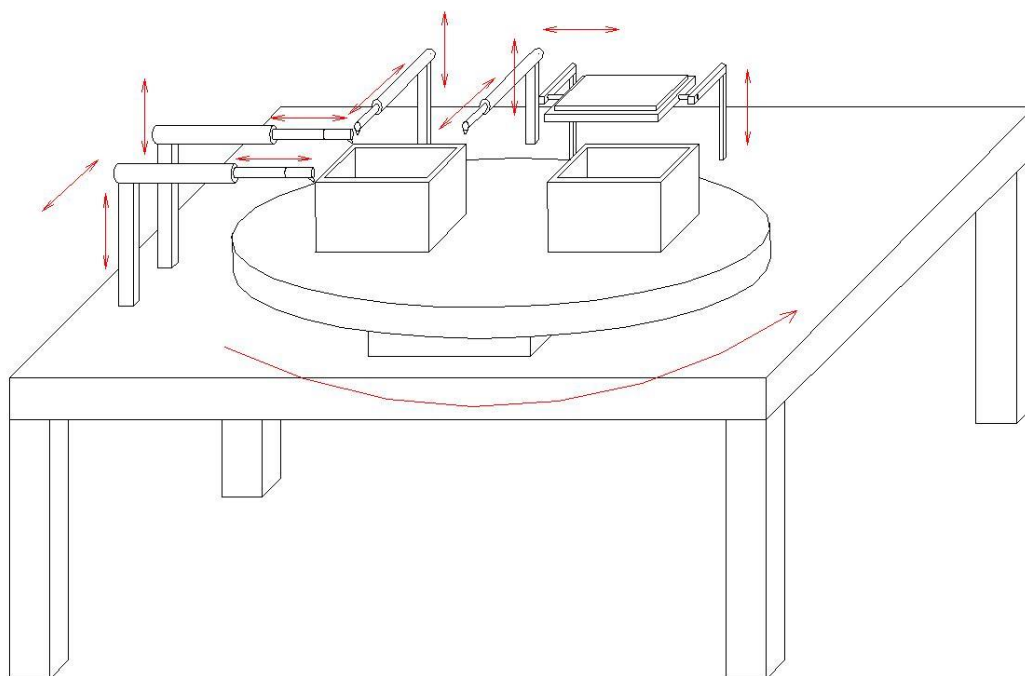
| KRITÉRIUM            | VAHA | ŘEŠENÍ  |                |         |                |         |                |         |                |         |                |
|----------------------|------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|
|                      |      | 1.4.1.  |                | 1.4.2.  |                | 1.5.1.  |                | 1.5.2.  |                | 2.1.1.  |                |
|                      |      | Hodnota | Vážená hodnota | Hodnota | Vážená hodnota | Hodnota | Vážená hodnota | Hodnota | Vážená hodnota | Hodnota | Vážená hodnota |
| Těsnost spoje        | 20%  | 3       | 0,60           | 3       | 0,60           | 3       | 0,60           | 3       | 0,60           | 3       | 0,60           |
| Cena                 | 25%  | 1       | 0,25           | 3       | 0,75           | 1       | 0,25           | 3       | 0,75           | 1       | 0,25           |
| Rychlost přestavby   | 10%  | 3       | 0,30           | 2       | 0,20           | 3       | 0,30           | 2       | 0,20           | 3       | 0,30           |
| Prodleva pro spojení | 20%  | 3       | 0,6            | 3       | 0,6            | 3       | 0,6            | 3       | 0,6            | 1       | 0,2            |
| Udržba               | 10%  | 3       | 0,30           | 3       | 0,30           | 3       | 0,30           | 3       | 0,30           | 1       | 0,10           |
| Čistota spoje        | 5%   | 3       | 0,15           | 3       | 0,15           | 3       | 0,15           | 3       | 0,15           | 2       | 0,10           |
| Rychlost nanesení    | 5%   | 3       | 0,15           | 3       | 0,15           | 3       | 0,15           | 3       | 0,15           | 1       | 0,05           |
| Pohyb mimo filtr     | 5%   | 3       | 0,15           | 3       | 0,15           | 3       | 0,15           | 3       | 0,15           | 2       | 0,10           |
| SOUČET               |      | 2,50    |                | 2,90    |                | 2,50    |                | 2,90    |                | 1,70    |                |
| POŘADÍ               |      | 3.4.    |                | 1.2.    |                | 3.4.    |                | 1.2.    |                | 8.      |                |
| SPLNĚNÍ PODMÍNKY     |      | ANO     |                | ANO     |                | ANO     |                | ANO     |                | NE      |                |
| KRITÉRIUM            | VAHA | ŘEŠENÍ  |                |         |                |         |                |         |                |         |                |
|                      |      | 2.1.2.  |                | 2.2.3.  |                | 2.3.1.  |                | 2.3.2.  |                | 2.3.3.  |                |
|                      |      | Hodnota | Vážená hodnota | Hodnota | Vážená hodnota | Hodnota | Vážená hodnota | Hodnota | Vážená hodnota | Hodnota | Vážená hodnota |
| Těsnost spoje        | 20%  | 3       | 0,60           | 3       | 0,60           | 3       | 0,60           | 3       | 0,60           | 1       | 0,20           |
| Cena                 | 25%  | 3       | 0,75           | 3       | 0,75           | 1       | 0,25           | 3       | 0,75           | 2       | 0,50           |
| Rychlost přestavby   | 10%  | 2       | 0,20           | 1       | 0,10           | 3       | 0,30           | 2       | 0,20           | 1       | 0,10           |
| Prodleva pro spojení | 20%  | 1       | 0,2            | 1       | 0,2            | 1       | 0,2            | 1       | 0,2            | 1       | 0,2            |
| Udržba               | 10%  | 1       | 0,10           | 1       | 0,10           | 2       | 0,20           | 2       | 0,20           | 2       | 0,20           |
| Čistota spoje        | 5%   | 2       | 0,10           | 1       | 0,05           | 2       | 0,10           | 2       | 0,10           | 2       | 0,10           |
| Rychlost nanesení    | 5%   | 1       | 0,05           | 2       | 0,10           | 1       | 0,05           | 1       | 0,05           | 2       | 0,10           |
| Pohyb mimo filtr     | 5%   | 2       | 0,10           | 1       | 0,05           | 2       | 0,10           | 2       | 0,10           | 2       | 0,10           |
| SOUČET               |      | 2,10    |                | 1,95    |                | 1,80    |                | 2,20    |                | 1,50    |                |
| POŘADÍ               |      | 6.      |                | 9.      |                | 7.      |                | 5.      |                | 10.     |                |
| SPLNĚNÍ PODMÍNKY     |      | NE      |                | NE      |                | NE      |                | NE      |                | NE      |                |

### 3.4 Koncept 1

V tomto řešení, které je zobrazeno na obr. 3.5, je celý proces lepení těsnění na filtr rozdělen do dvou samostatných výrobních operací. První výrobní operace je nanášení spojovacího materiálu a druhá je spojení těsnění s filtrem. Spojovací materiál ve formě lepicí pásky je na filtr nanášen pomocí 4 samostatných lineárních členů.

Výrobní proces probíhá následujícím způsobem:

Operátor založí filtr na první výrobní pozici. Zde následuje automatické nanášení spojovacího materiálu (oboustranné lepicí pásky) zároveň na dvě rovnoběžné strany filtru. Po navrácení prvních dvou lineárních členů do výchozí pozice nanese třetí a čtvrtý lineární člen zároveň spojovací materiál na zbývající dvě rovnoběžné strany. Poté následuje automatický přesun (rotační pohyb) filtru na druhou výrobní pozici. Hned po přesunu filtru do druhé výrobní pozice, operátor založí do první výrobní pozice nový filtr a spustí automatické nanášení spojovacího materiálu. Operátor se přesune k druhé výrobní operaci. Zde nasadí těsnění na filtr a poté je těsnění s filtrem spojeno pomocí tlaku. Nakonec operátor vyjme filtr a celý cyklus se znovu opakuje.



**Obr. 3.5:** Princip funkce konceptu 1

**Výhody:**

- ✓ rychlost nanesení
- ✓ velké využití operátora - není plýtvání v podobě čekání na stroj (viz obr. 3.7)

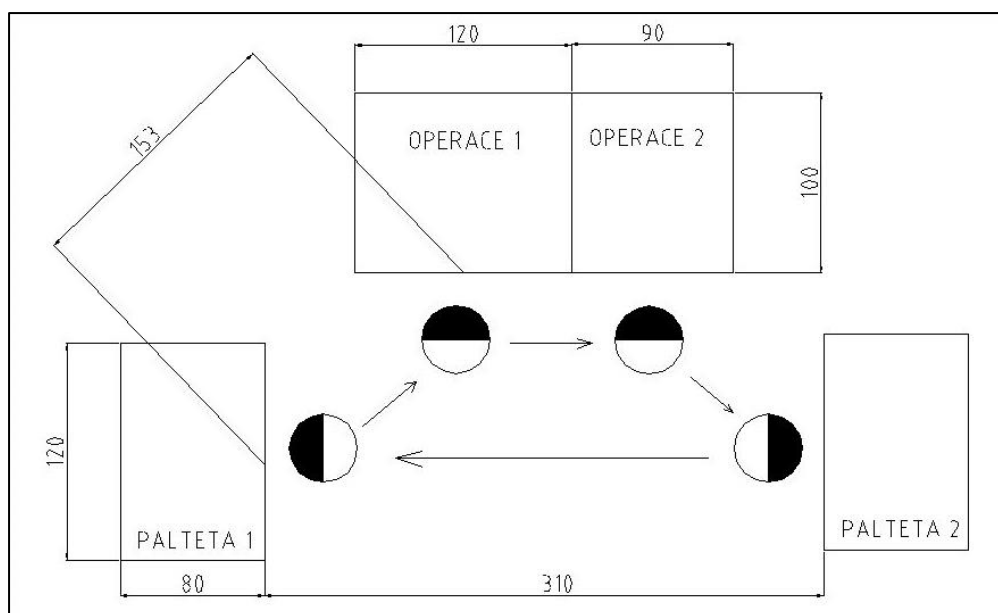
**Nevýhody:**

- ✗ cena (4 lineární členy, 4 nanášecí zařízení, přesouvací zařízení mezi výrobními pozicemi)

Popis jednotlivých operací s předpokládaným pracovním časem zaznamenává tab. 3.4 a schéma předpokládaného pracoviště zobrazuje obr. 3.6.

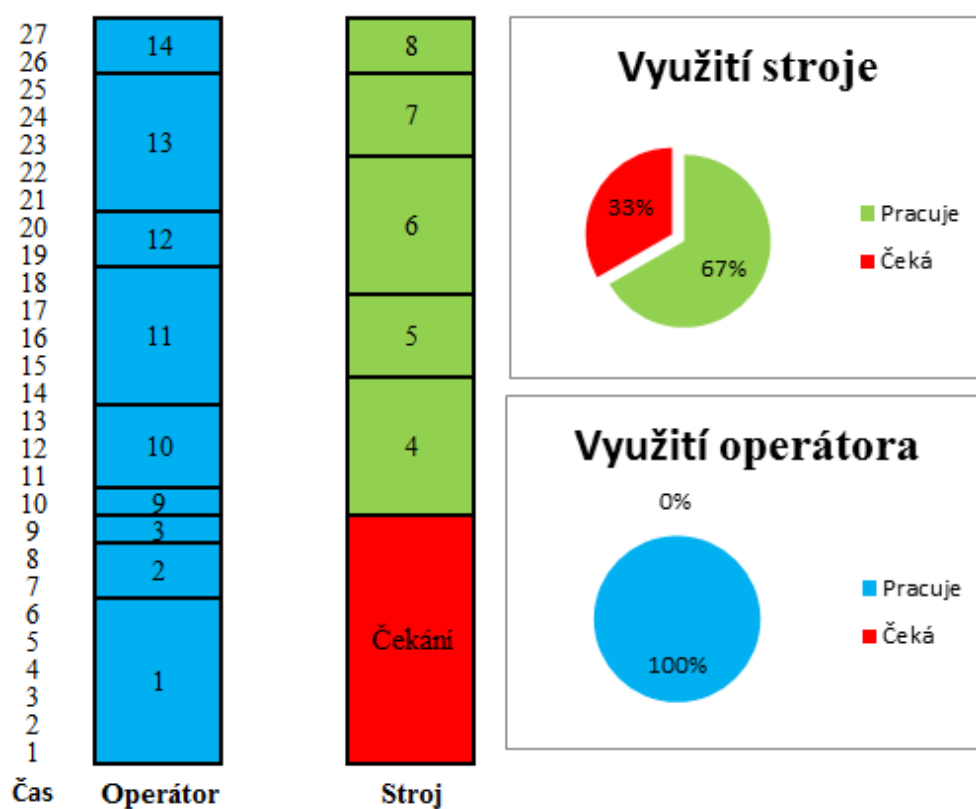
Tab. 3.4: Sled operací s předpokládaným časem konceptu 1

| <b>Koncept 1</b>      |                                      |                |   |
|-----------------------|--------------------------------------|----------------|---|
| <b>Pořadí operace</b> | <b>Popis operace</b>                 | <b>Čas [s]</b> | <b>Poznámka</b>                           |
| 1                     | donést filtr z palety 1 na operaci 1 | 6              | A1B6G3A3B0P3A0=160 TMU= 6 s               |
| 2                     | upnout filtr                         | 2              | upínání řídí operátor (např. pneumaticky) |
| 3                     | spustit nanášení                     | 1              |   |
| 4                     | nanést - pohyb tam                   | 5              | předpokládaný strojní čas                 |
| 5                     | pohyb zpět                           | 3              | předpokládaný strojní čas                 |
| 6                     | nanést - pohyb tam                   | 5              | předpokládaný strojní čas                 |
| 7                     | pohyb zpět                           | 3              | předpokládaný strojní čas                 |
| 8                     | přesun filtru do druhé pozice        | 2              | předpokládaný strojní čas                 |
| 9                     | přesun na operaci 2                  | 1              | A3=30 TMU=1s                              |
| 10                    | nasadit těsnění                      | 3              | A1B0G1A1B0P6A0=90 TMU= 3s                 |
| 11                    | dolisovat                            | 5              | ovládá operátor                           |
| 12                    | uvolnit filtr                        | 2              | upínání řídí operátor (např. pneumaticky) |
| 13                    | donést filtr na paletu 2             | 5              | A1B0G3A3B6P1A0=140 TMU= 5 s               |
| 14                    | dojít k paletě 1                     | 2              | A6=60 TMU=2s                              |



Obr. 3.6: Pracoviště konceptu 1

### Koncept 1



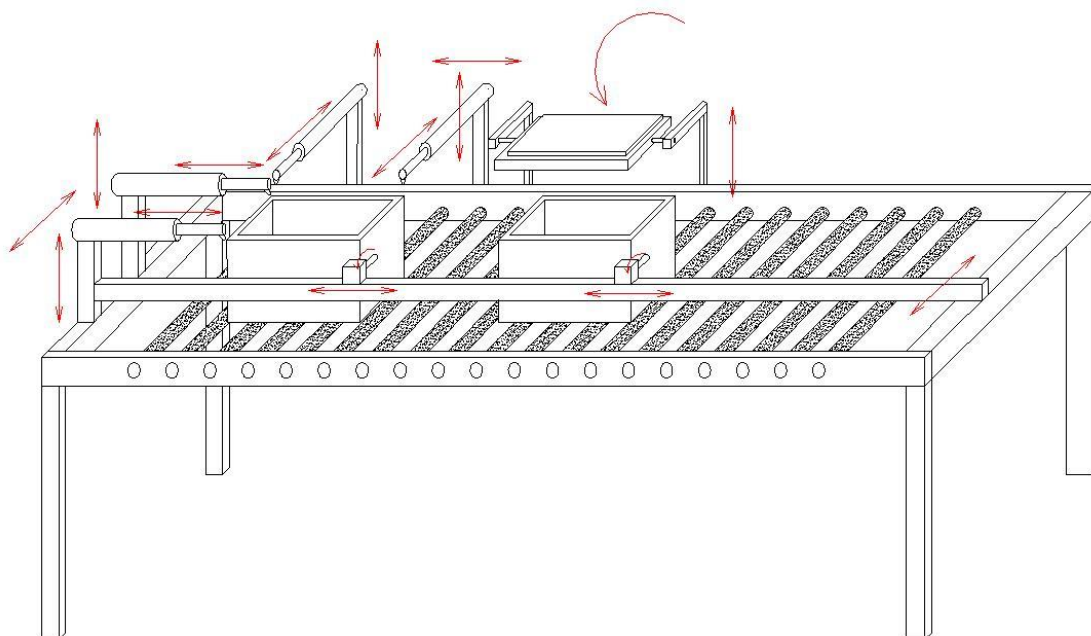
Obr. 3.7: Schéma jednotlivých operací s vyhodnocením konceptu 1

### 3.5 Koncept 2

V tomto řešení, které je zobrazeno na obr. 3.8, je celý proces lepení těsnění na filtr rozdělen do dvou samostatných výrobních operací. První výrobní operace je nanášení spojovacího materiálu a druhá je spojení těsnění s filtrem. Spojovací materiál ve formě lepicí pásky je na filtr nanášen pomocí 4 samostatných lineárních členů a přesun mezi operacemi je realizován pomocí válečkového dopravníku.

Výrobní proces probíhá následujícím způsobem:

Operátor založí filtr na první výrobní pozici. Zde následuje automatické nanesení spojovacího materiálu (oboustranné lepicí pásky) zároveň na dvě rovnoběžné strany filtru. Po navrácení prvních dvou lineárních členů do výchozí pozice nanese třetí a čtvrtý lineární člen zároveň spojovací materiál na zbývající dvě rovnoběžné strany. Poté následuje automatický přesun (lineární pohyb zajištěn válečkovým dopravníkem) filtru na druhou výrobní pozici. Hned po přesunu filtru do druhé výrobní pozice, operátor založí do první výrobní pozice nový filtr a spustí automatické nanášení spojovacího materiálu. Operátor se přesune k druhé výrobní operaci. Zde nasadí těsnění na filtr a poté je těsnění s filtrem spojeno pomocí tlaku. Nakonec operátor vyjme filtr a celý cyklus se znovu opakuje.



**Obr. 3.8:** Princip funkce konceptu 2

**Výhody:**

- ✓ rychlost nanesení
- ✓ velké využití operátora - není plýtvání v podobě čekání na stroj (viz obr. 3.10)
- ✓ velké využití stroje - minimální prostoje způsobené čekáním na operátora (viz obr. 3.10)

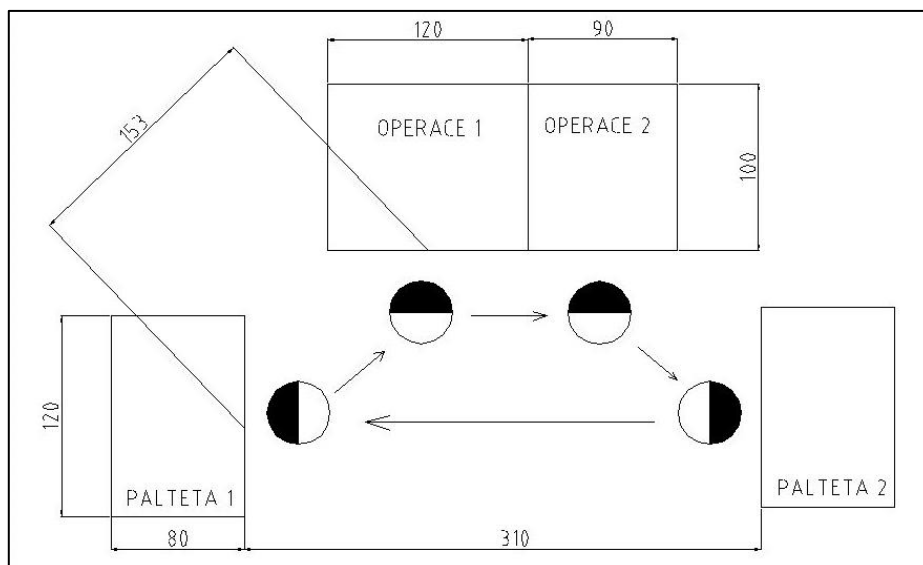
**Nevýhody:**

- ✗ cena (4 lineární členy, 4 nanášecí zařízení, válečkový dopravník)

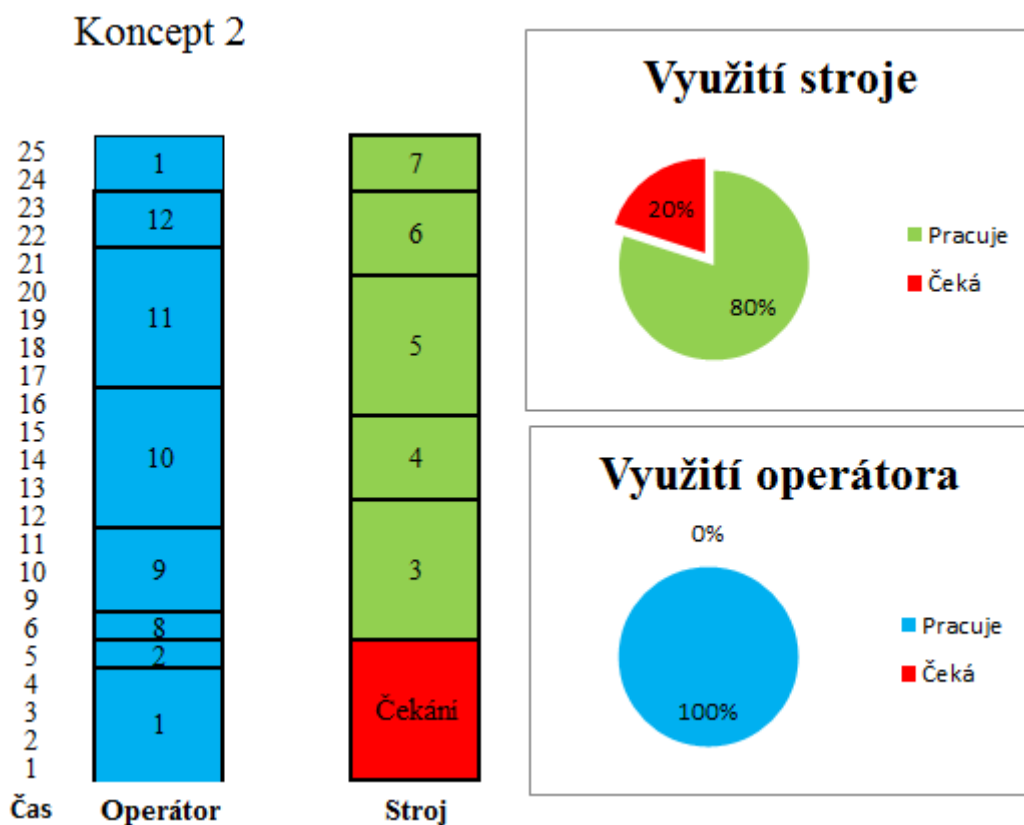
Popis jednotlivých operací s předpokládaným pracovním časem zaznamenává tab. 3.5 a schéma předpokládaného pracoviště zobrazuje obr. 3.9.

Tab. 3.5: Sled operací s předpokládaným časem konceptu 2

| <b>Koncept 2</b>      |                                      |                |                             |
|-----------------------|--------------------------------------|----------------|-----------------------------|
| <b>Pořadí operace</b> | <b>Popis operace</b>                 | <b>Čas [s]</b> | <b>Poznámka</b>             |
| 1                     | donést filtr z palety 1 na operaci 1 | 6              | A1B6G3A3B0P3A0=160 TMU= 6 s |
| 2                     | spustit nanášení                     | 1              |                             |
| 3                     | nanést - pohyb tam                   | 5              | předpokládaný strojní čas   |
| 4                     | pohyb zpět                           | 3              | předpokládaný strojní čas   |
| 5                     | nanést - pohyb tam                   | 5              | předpokládaný strojní čas   |
| 6                     | pohyb zpět                           | 3              | předpokládaný strojní čas   |
| 7                     | přesun filtru do druhé pozice        | 2              | předpokládaný strojní čas   |
| 8                     | přesun na operaci 2                  | 1              | A3=30 TMU=1s                |
| 9                     | nasadit těsnění                      | 3              | A1B0G1A1B0P6A0=90 TMU= 3s   |
| 10                    | dolisoovat                           | 5              | ovládá operátor             |
| 11                    | donést filtr na paletu 2             | 5              | A1B0G3A3B6P1A0=140 TMU= 5 s |
| 12                    | dojít k paletě 1                     | 2              | A6=60 TMU=2s                |



Obr. 3.9: Pracoviště konceptu 2



Obr. 3.10: Schéma jednotlivých operací s vyhodnocením konceptu 2



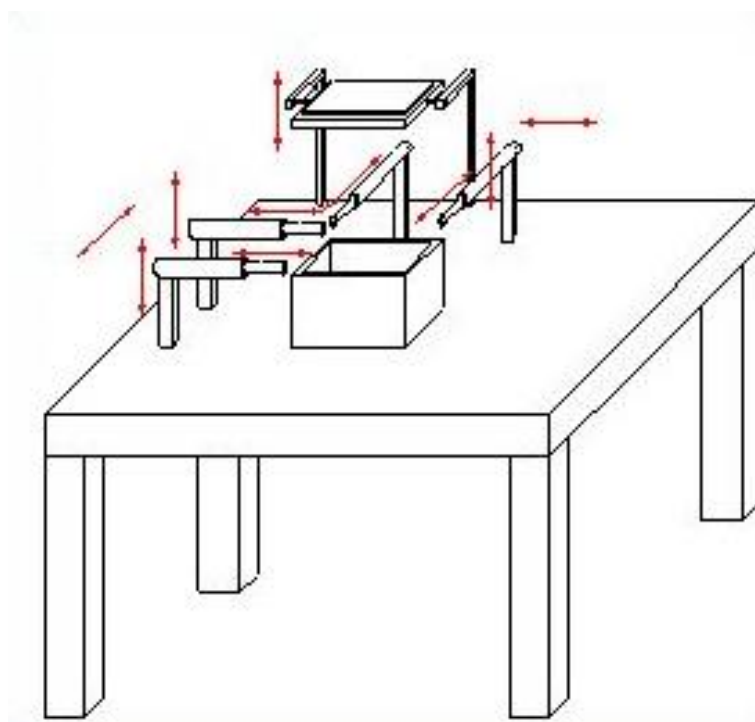


### 3.6 Koncept 3

V tomto řešení, které je zobrazeno na obr. 3.11, je celý proces lepení těsnění sloučen ze dvou samostatných výrobních operací do jedné. Spojovací materiál, ve formě lepicí pásky, je na filtr nanášen pomocí 4 samostatných lineárních členů a poté je bez vyjmutí filtru spojeno těsnění s filtrem.

Výrobní proces probíhá následujícím způsobem:

Operátor založí filtr, následuje automatické nanesení spojovacího materiálu (oboustranné lepicí pásky) zároveň na dvě rovnoběžné strany filtru. Po navrácení prvních dvou lineárních členů do výchozí pozice nanese třetí a čtvrtý lineární člen zároveň spojovací materiál na zbývající dvě rovnoběžné strany. Poté nasadí těsnění na filtr a pomocí tlaku je těsnění spojeno s filtrem. Nakonec operátor vyjme filtr a celý cyklus se znovu opakuje.



**Obr. 3.11:** Princip funkce konceptu 3

#### Výhody:

- ✓ rychlost nanesení
- ✓ cena oproti konceptu 1 – odstraněny náklady na přesouvací zařízení

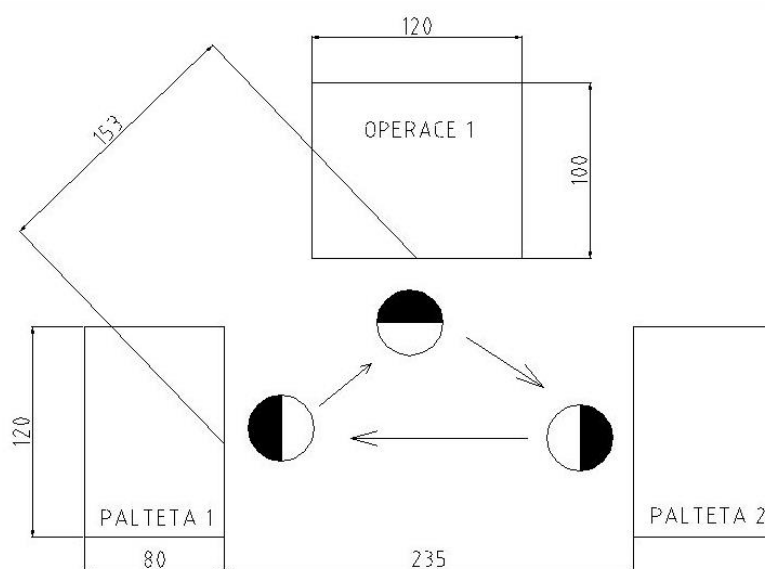
**Nevýhody:**

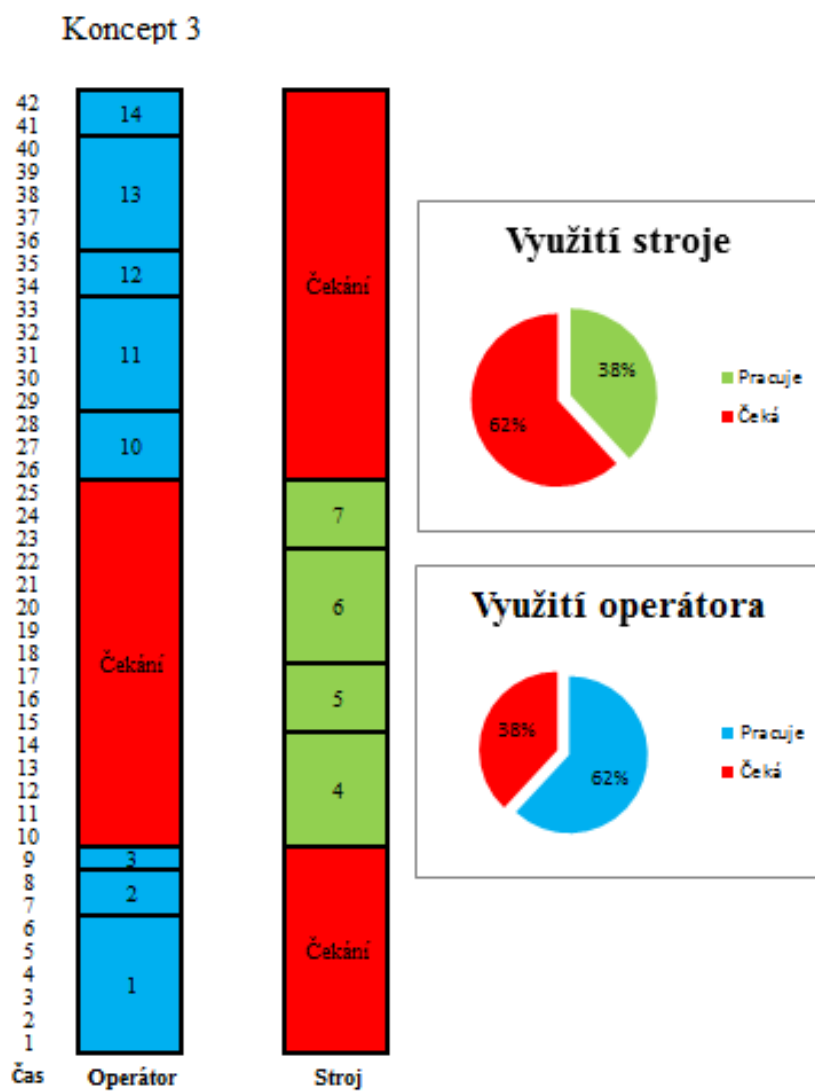
- ✗ nižší využití operátora a stroje (viz obr. 3.13)

Popis jednotlivých operací s předpokládaným pracovním časem zaznamenává tab. 3.6 a schéma předpokládaného pracoviště zobrazuje obr. 3.12.

Tab. 3.6: Sled operací s předpokládaným časem konceptu 3

| Koncept 3      |                                   |         |   |
|----------------|-----------------------------------|---------|---|
| Pořadí operace | Popis operace                     | Čas [s] | Poznámka                                  |
| 1              | donést filtr z palety 1 do stroje | 6       | A1B6G3A3B0P3A0=160 TMU= 6 s               |
| 2              | upnout filtr                      | 2       | upínání řídí operátor (např. pneumaticky) |
| 3              | spustit nanášení                  | 1       |   |
| 4              | nanést - pohyb tam                | 5       | předpokládaný strojní čas                 |
| 5              | pohyb zpět                        | 3       | předpokládaný strojní čas                 |
| 6              | nanést - pohyb tam                | 5       | předpokládaný strojní čas                 |
| 7              | pohyb zpět                        | 3       | předpokládaný strojní čas                 |
| 10             | nasadit těsnění                   | 3       | A1B0G1A1B0P6A0=90 TMU= 3s                 |
| 11             | dolisoovat                        | 5       | ovládá operátor                           |
| 12             | uvolnit filtr                     | 2       | upínání řídí operátor (např. pneumaticky) |
| 13             | donést filtr na paletu 2          | 5       | A1B0G3A3B6P1A0=140 TMU= 5 s               |
| 14             | dojít k paletě 1                  | 2       | A6=60 TMU=2s                              |

**Obr. 3.12:** Pracoviště konceptu 3



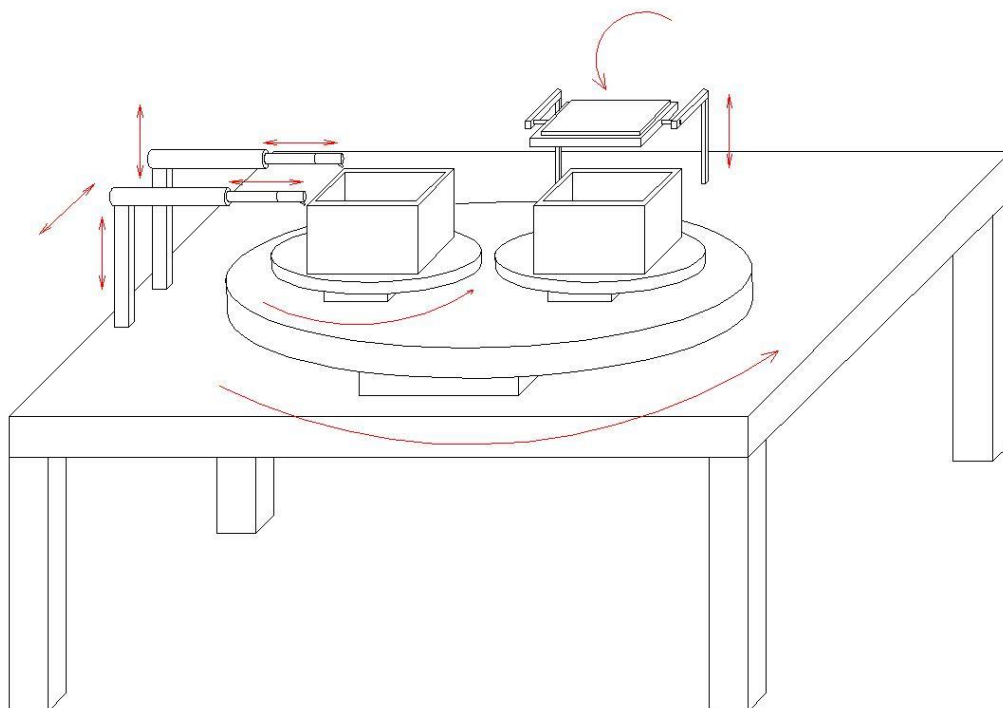
**Obr. 3.13:** Schéma jednotlivých operací s vyhodnocením konceptu 1

### 3.7 Koncept 4

V tomto řešení, které je zobrazeno na obr. 3.14, je celý proces lepení těsnění na filtr rozdělen do dvou samostatných výrobních operací. První výrobní operací je nanášení spojovacího materiálu a druhou je spojení těsnění s filtrem. Spojovací materiál ve formě lepicí pásky je na filtr nanášen pomocí 2 samostatných lineárních členů.

Výrobní proces probíhá následujícím způsobem:

Operátor založí filtr na první výrobní pozici. Zde následuje automatické nanesení spojovacího materiálu (oboustranné lepicí pásky) zároveň na dvě rovnoběžné strany filtru. Po navrácení obou lineárních členů do výchozí pozice, otočné zařízení otočí filtr o 90°. Lineární členy opět zároveň nanesou spojovací materiál na zbývající dvě rovnoběžné strany. Poté následuje automatický přesun (rotační pohyb) filtru na druhou výrobní pozici. Hned po přesunu filtru do druhé výrobní pozice, operátor založí do první výrobní pozice nový filtr a spustí automatické nanášení spojovacího materiálu. Operátor se přesune k druhé výrobní operaci. Zde nasadí těsnění na filtr a poté je těsnění s filtrem spojeno pomocí tlaku. Nakonec operátor vyjme filtr a celý cyklus se znovu opakuje.



**Obr. 3.14:** Princip funkce konceptu 4

**Výhody:**

- ✓ velké využití operátora - není plýtvání v podobě čekání na stroj (viz obr. 3.16)
- ✓ velké využití stroje - minimální prostoje způsobené čekáním na operátora (viz obr. 3.16)
- ✓ sníženy ceny oproti konceptu 1

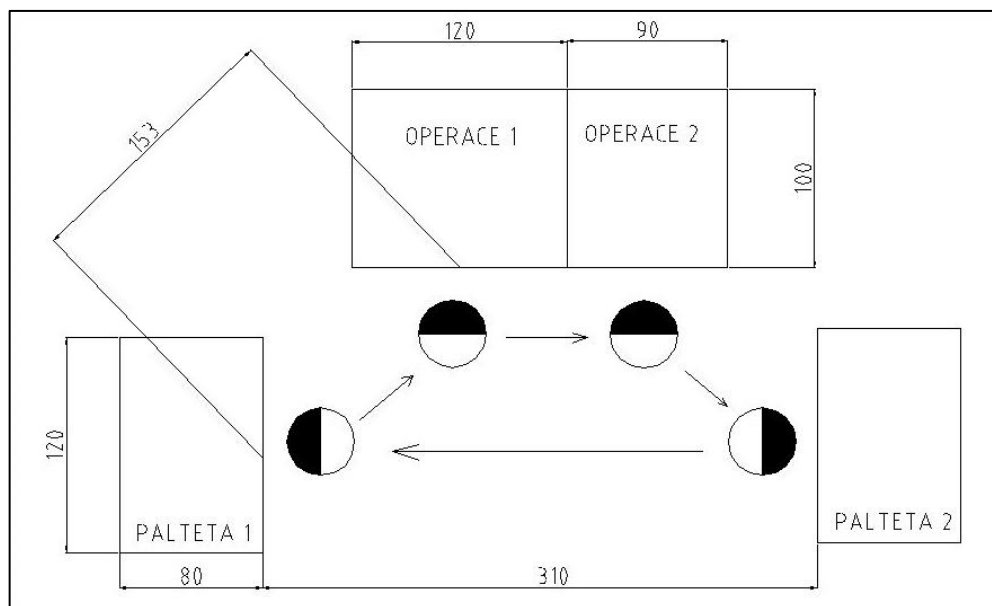
**Nevýhody:**

- ✗ neustálá přestavba rozteče lineárních členů při větší dávce obdélníkových filtrů

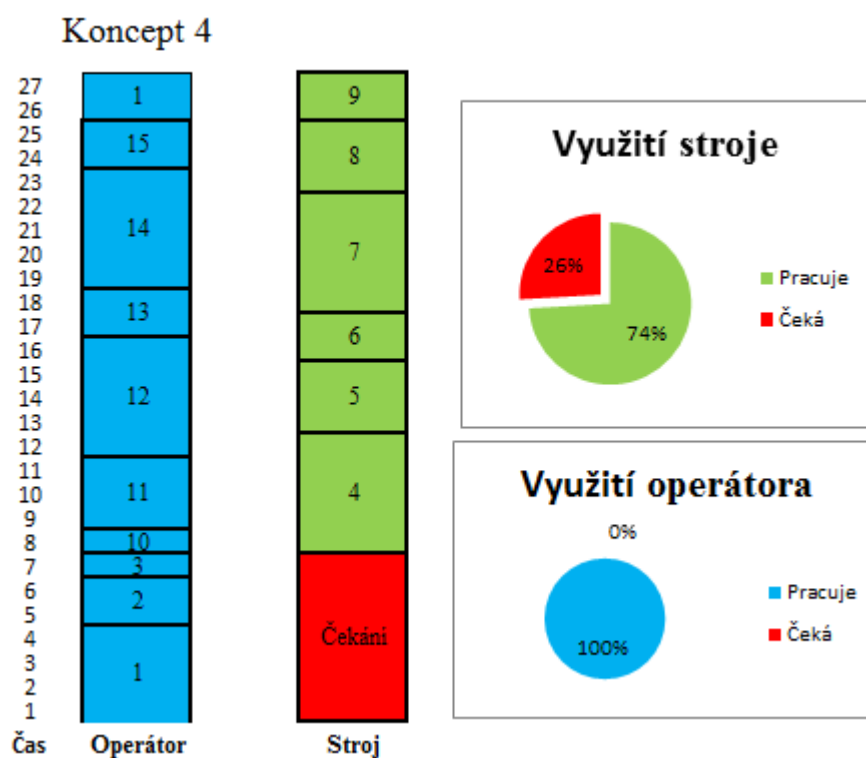
Popis jednotlivých operací s předpokládaným pracovním časem zaznamenává tab. 3.7 a schéma předpokládaného pracoviště zobrazuje obr. 3.15.

Tab. 3.7: Sled operací s předpokládaným časem konceptu 4

| <b>Koncept 4</b>      |                                      |                |   |
|-----------------------|--------------------------------------|----------------|---|
| <b>Pořadí operace</b> | <b>Popis operace</b>                 | <b>Čas [s]</b> | <b>Poznámka</b>                           |
| 1                     | donést filtr z palety 1 na operaci 1 | 6              | A1B6G3A3B0P3A0=160 TMU= 6 s               |
| 2                     | upnout filtr                         | 2              | upínání řídí operátor (např. pneumaticky) |
| 3                     | spustit nanášení                     | 1              |   |
| 4                     | nanést - pohyb tam                   | 5              | předpokládaný strojní čas                 |
| 5                     | pohyb zpět                           | 3              | předpokládaný strojní čas                 |
| 6                     | otočení filtru                       | 2              | předpokládaný strojní čas                 |
| 7                     | nanést - pohyb tam                   | 5              | předpokládaný strojní čas                 |
| 8                     | pohyb zpět                           | 3              | předpokládaný strojní čas                 |
| 9                     | přesun filtru do druhé pozice        | 2              | předpokládaný strojní čas                 |
| 10                    | přesun operátora na operaci 2        | 1              | A3=30 TMU=1s                              |
| 11                    | nasadit těsnění                      | 3              | A1B0G1A1B0P6A0=90 TMU= 3s                 |
| 12                    | dolisovat                            | 5              | ovládá operátor                           |
| 13                    | uvolnit filtr                        | 2              | upínání řídí operátor (např. pneumaticky) |
| 14                    | donést filtr na paletu 2             | 5              | A1B0G3A3B6P1A0=140 TMU= 5 s               |
| 15                    | dojít k paletě 1                     | 2              | A6=60 TMU=2s                              |



Obr. 3.15: Pracoviště konceptu 4



Obr. 3.16: Schéma jednotlivých operací s vyhodnocením konceptu 4

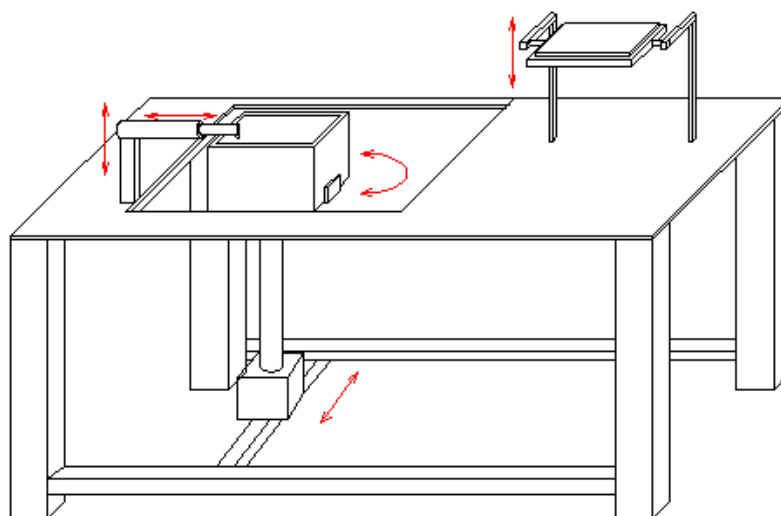


### 3.8 Koncept 5

V tomto řešení, které je zobrazeno na obr. 3.17, je celý proces lepení těsnění na filtr rozdělen do dvou samostatných výrobních operací. První výrobní operací je nanášení spojovacího materiálu a druhou je spojení těsnění s filtrem. Spojovací materiál ve formě lepicí pásky je na filtr nanášen pomocí lineárního členu.

Výrobní proces probíhá následujícím způsobem:

Operátor umístí filtr na první výrobní pozici. Zde následuje automatické nanesení spojovacího materiálu (oboustranné lepicí pásky) na jednu stranu filtru. Poté je filtr přesunut do oblasti pro otočení o 90°. Po otočení následuje návrat do nanášecí pozice a samotné nanesení spojovacího materiálu. Když je spojovací materiál nanesen na celý obvod, operátor přesune filtr na druhou výrobní pozici. Hned po přesunu filtru do druhé výrobní pozice, operátor vloží do první výrobní pozice nový filtr a spustí automatické nanášení spojovacího materiálu. Operátor se přesune k druhé výrobní operaci. Zde nasadí těsnění na filtr a poté je těsnění s filtrem spojeno pomocí tlaku. Nakonec operátor vyjme filtr a celý cyklus se znovu opakuje.



**Obr. 3.17:** Princip funkce konceptu 5

**Výhody:**

- ✓ cena oproti všem konceptům
- ✓ odpadá přestavba stroje při změně rozměrů filtru

**Nevýhody:**

- ✗ nižší produktivita výroby (viz obr. 3.19)



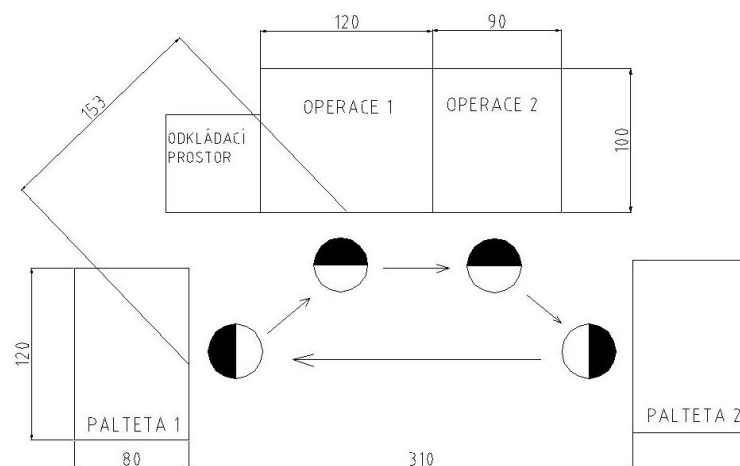
✗ ruční manipulace s filtrem mezi operacemi.

Popis jednotlivých operací s předpokládaným pracovním časem zaznamenává tab. 3.8 a schéma předpokládaného pracoviště zobrazuje obr. 3.18.

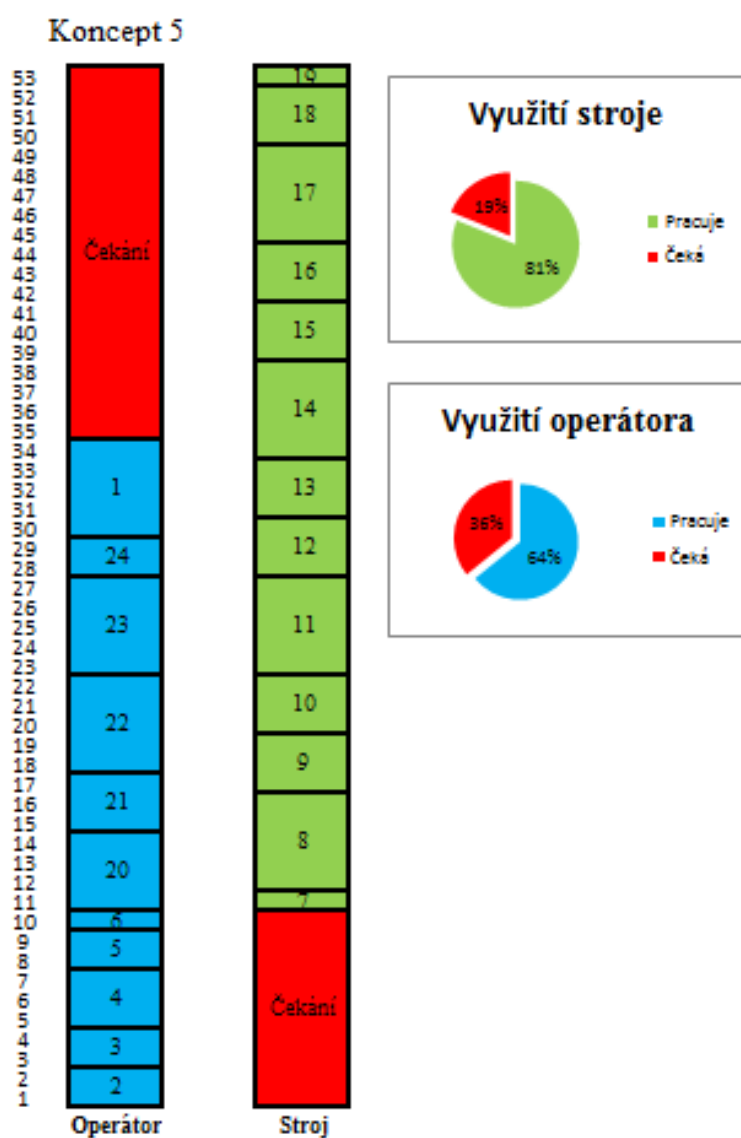
Tab. 3.8: Sled operací s předpokládaným časem konceptu 5

| <b>Koncept 5</b>      |   |                |   |
|-----------------------|---|----------------|---|
| <b>Pořadí operace</b> | <b>Popis operace</b>  | <b>Čas [s]</b> | <b>Poznámka</b>                           |
| 1                     | donést filtr 2 z palety 1 na mezipozici                         | 5              | A1B6G3A3B0P1A0=140 TMU= 5 s               |
| 2                     | uvolnit filtr 1   | 2              | upínání řídí operátor (např. pneumaticky) |
| 3                     | filtr 1 dát do mezipozice                                       | 2              | A1B0G3A1B0P1A0=60 TMU= 2 s                |
| 4                     | umístit filtr 2 z mezipozice do pozice 1                        | 3              | A1B0G3A1B0P3A0=80 TMU= 3 s                |
| 5                     | upnout filtr 2  | 2              | upínání řídí operátor (např. pneumaticky) |
| 6                     | zpustit nanášení  | 1              |   |
| 7                     | pohyb do nanášecí pozice  | 1              | předpokládaný strojní čas                 |
| 8                     | nanést - pohyb tam  | 5              | předpokládaný strojní čas                 |
| 9                     | pohyb zpět  | 3              | předpokládaný strojní čas                 |
| 10                    | pohyb do otočné pozice, otočení o 90° návrat do nanášecí pozice | 3              | předpokládaný strojní čas                 |
| 11                    | nanést - pohyb tam  | 5              | předpokládaný strojní čas                 |
| 12                    | pohyb zpět  | 3              | předpokládaný strojní čas                 |
| 13                    | pohyb do otočné pozice, otočení o 90° návrat do nanášecí pozice | 3              | předpokládaný strojní čas                 |
| 14                    | nanést - pohyb tam  | 5              | předpokládaný strojní čas                 |
| 15                    | pohyb zpět  | 3              | předpokládaný strojní čas                 |
| 16                    | pohyb do otočné pozice, otočení o 90° návrat do nanášecí pozice | 3              | předpokládaný strojní čas                 |
| 17                    | nanést - pohyb tam  | 5              | předpokládaný strojní čas                 |
| 18                    | pohyb zpět  | 3              | předpokládaný strojní čas                 |
| 19                    | pohyb do upínací pozice   | 1              | předpokládaný strojní čas                 |
| 20                    | přesun operátora s filtrem 1 na operaci 2                       | 4              | A1B0G3A3B0P3A0=100 TMU= 4s                |
| 21                    | nasadit těsnění   | 3              | A1B0G1A1B0P6A0=90 TMU= 3s                 |
| 22                    | dolisovat   | 5              | ovládá operátor                           |
| 23                    | donést filtr 1 na paletu 2                                      | 5              | A1B0G3A3B6P1A0=140 TMU= 5 s               |
| 24                    | dojít k paletě 1  | 2              | A6=60 TMU=2s                              |





Obr. 3.18: Pracoviště konceptu 5



Obr. 3.19: Schéma jednotlivých operací s vyhodnocením konceptu



### 3.9 Výběr konceptů:

K určení vítězného konceptu posloužila tab. 3.9, ve které jsou klíčová kritéria pro navrhovaný jednoúčelový stroj. Těmto kritériím byla přiřazena váha. Hodnoty jednotlivých kritérií vycházejí z následujících údajů: cena (viz příloha 4), využití operátora (viz příloha 2), produktivita (viz příloha 3), doba přestavby (viz příloha 1) a využití stroje (viz příloha 2). Tyto údaje jsou získány přímo v procentech (produktivita stroje a operátora) nebo jsou na procenta dopočítány (cena, produktivita, doba přestavby, čas na výrobu 1 ks) a to následujícím způsobem: koncept, který dané kritérium splňuje nejlépe, dostává 100% a u ostatních konceptů je jejich hodnota (Kč, s) vyjádřena procenty k hodnotě, kterou má nejllepší koncept.

Z tab. 3.9 vyplývá, že nejlépe hodnoceným konceptem je koncept 5, který bude dále rozpracován.

Tab. 3.9: Porovnání jednotlivých konceptů

| KRITÉRIUM         | VÁHA | KONCEPTY 1 - 3 |                |           |                |           |                |
|-------------------|------|----------------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|
|                   |      | Koncept 1      |                | Koncept 2 |                | Koncept 3 |                |
|                   |      | Hodnota        | Vážená hodnota | Hodnota   | Vážená hodnota | Hodnota   | Vážená hodnota |
| Cena              | 40%  | 58,0%          | 23,2%          | 60,0%     | 24,0%          | 63,0%     | 25,2%          |
| Využití operátora | 15%  | 100,0%         | 15,0%          | 100,0%    | 15,0%          | 62,0%     | 9,3%           |
| Produktivita      | 15%  | 93,0%          | 14,0%          | 100,0%    | 15,0%          | 63,0%     | 9,5%           |
| Doba přestavby    | 15%  | 20,0%          | 3,0%           | 20,0%     | 3,0%           | 20,0%     | 3,0%           |
| Čas na výrobu 1ks | 10%  | 93,0%          | 9,3%           | 100,0%    | 10,0%          | 60,0%     | 6,0%           |
| Využití stoje     | 5%   | 67,0%          | 3,4%           | 80,0%     | 4,0%           | 38,0%     | 1,9%           |
| SOUČET            |      | 67,8%          |                | 71,0%     |                | 54,9%     |                |
| POŘADÍ            |      | 4.             |                | 3.        |                | 5.        |                |
| KRITÉRIUM         | VÁHA | KONCEPTY 4-5   |                |           |                |           |                |
|                   |      | Koncept 4      |                | Koncept 5 |                |           |                |
|                   |      | Hodnota        | Vážená hodnota | Hodnota   | Vážená hodnota |           |                |
| Cena              | 40%  | 77,0%          | 30,8%          | 100,0%    | 40,0%          |           |                |
| Využití operátora | 15%  | 100,0%         | 15,0%          | 64,0%     | 9,6%           |           |                |
| Produktivita      | 15%  | 95,0%          | 14,3%          | 53,0%     | 8,0%           |           |                |
| Doba přestavby    | 15%  | 20,0%          | 3,0%           | 100,0%    | 15,0%          |           |                |
| Čas na výrobu 1ks | 10%  | 93,0%          | 9,3%           | 47,0%     | 4,7%           |           |                |
| Využití stoje     | 5%   | 74,0%          | 3,7%           | 81,0%     | 4,1%           |           |                |
| SOUČET            |      | 76,1%          |                | 81,3%     |                |           |                |
| POŘADÍ            |      | 2.             |                | 1.        |                |           |                |

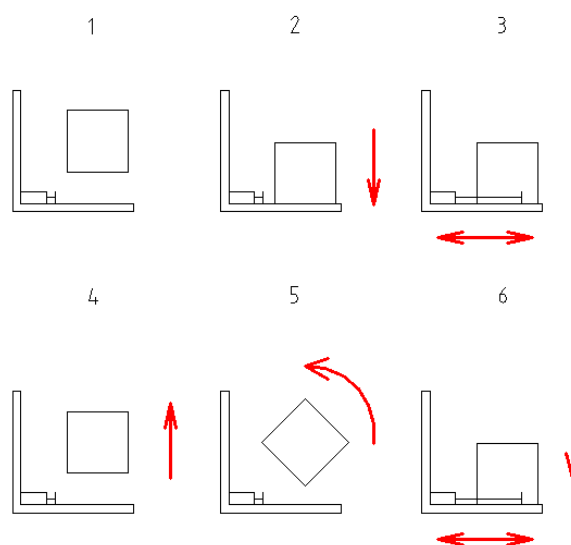


## 4 Konstrukční návrh jednoúčelového stroje

### 4.1 Popis funkce jednotlivých pracovišť

Celý proces lepení těsnění na filtr je rozdělen do dvou samostatných výrobních operací. První výrobní operací (obr. 4.1) je nanášení lepicí pásky na filtr pomocí pístu, který posouvá po vedení nanášecí hlavicí. Nanášecí proces probíhá následujícím způsobem:

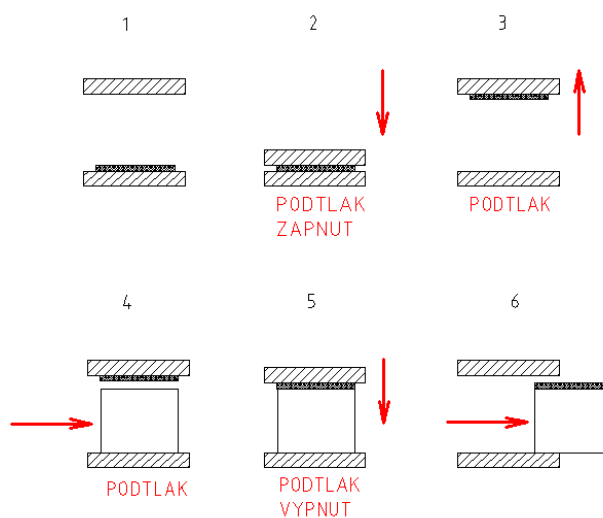
- 1) Operátor upne filtr.
- 2) Filtr se přesune do nanášecí pozice.
- 3) Zde následuje automatické nanesení oboustranné lepicí pásky na jednu hranu filtru.
- 4) Filtr je přesunut do oblasti pro otočení.
- 5) Filtr se otočí o 90°.
- 6) Následuje návrat do nanášecí pozice a nanesení lepicí pásky. Tyto operace probíhají do té doby, než je na celém obvodu filtru nanášena lepicí páska. Během této doby operátor pracuje na druhé pozici.



**Obr. 4.1:** Princip nanášení pásky

Druhá výrobní operace (obr. 4.2) se skládá z následujících bodů:

- 1) operátor založí těsnění do příslušné vodící drážky.
- 2) Přítlačná deska, obsahující otvory pro přisátí těsnění, sjíždí do dolní pozice. Tato deska nepatrně stlačí těsnění a zapne se podtlak (vyráběný ejektorem), který přichytí těsnění k přítlačné desce.
- 3) Přítlačná deska vyjede do horní pozice a za stálého podtlaku drží těsnění v horní pozici.



**Obr. 4.2:** Princip připevnění těsnění

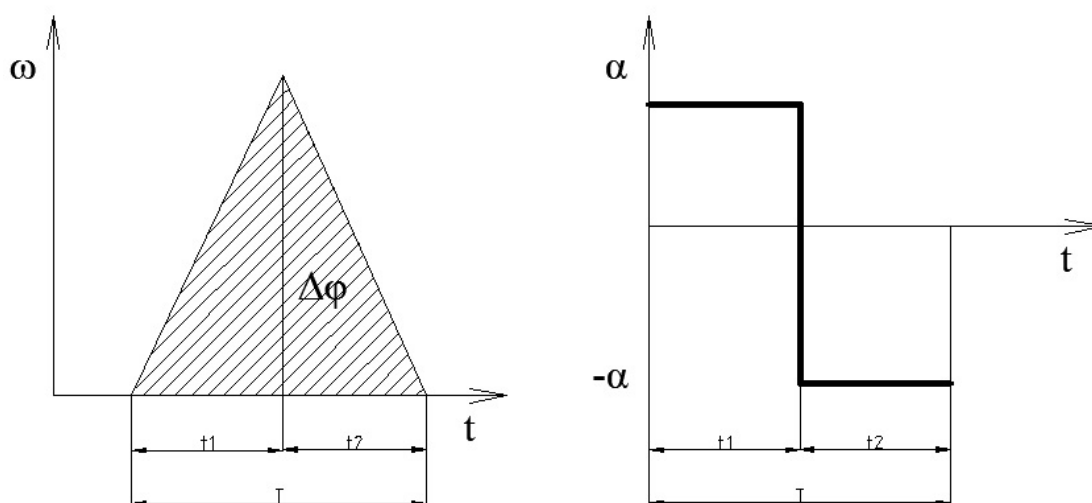


- 4) Je umístěn filtr (na přesném místě) s páskou nanesenou po obvodě.
- 5) Přítlačná deska sjíždí do dolní pozice a přitlačí těsnění na filtr, vypíná se podtlak a dochází ke spojení těsnění a filtru.
- 6) Přítlačná deska vyjede do horní pozice a je vyjímán filtr s přilepeným těsněním.

## 4.2 Návrh klíčových dílů:

### 4.2.1 Návrh motoru:

Zvolená charakteristika stolu s filtrem je zobrazena na obr. 4.3:



**Obr. 4.3:** Charakteristika stolu

$$\Delta\varphi = 90^\circ = \frac{\pi}{2} \text{ rad} \quad t_1 = 1,5 \text{ s} \quad t_2 = 1,5 \text{ s} \quad T = 3 \text{ s}$$

$\Delta\varphi$  – úhlová dráha

$t_1$  – čas rozjezdu

$t_2$  – čas brždění

Úhlová rychlost -  $\omega$ :

$$\Delta\varphi = \omega \cdot \frac{T}{2} \rightarrow \omega = \frac{2 \cdot \Delta\varphi}{T} = 1,05 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \quad (1)$$

Úhlové zrychlení -  $\alpha$  :

$$\omega = \alpha \cdot \frac{T}{2} \rightarrow \alpha = \frac{2 \cdot \omega}{T} = 0,7 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2} \quad (2)$$



Maximální otáčky stolu:

$$n_{\text{stolu}} = \frac{\omega \cdot 60}{2 \cdot \pi} = 10,03 \text{ ot/min} \quad (3)$$

Celková hmotnost:

$$m = m_{\text{stolu}} + m_{\text{filtr}} + m_{\text{rezerva}} = 10 + 20 + 10 = 40 \text{ kg} \quad (4)$$

Moment setrvačnosti stolu s filtrem:

$$J = \frac{m}{12} \cdot (a^2 + b^2) = \frac{40}{12} \cdot (0,7^2 + 0,7^2) = 3,27 \text{ kg/m}^2 \quad (5)$$

Moment nutný k překonání momentu setrvačnosti stolu s filtrem :

$$M_{k_{\text{stolu}}} = J \cdot \alpha = 3,27 \cdot 0,7 = 2,29 \text{ Nm} \quad (6)$$

Charakteristika motoru 1LA7 090-8AB10 (viz. příloha 5):

$$P = 0,37 \text{ kW}$$

$$n = 750 \text{ ot/min}$$

$$M_{K_{\text{motor}}} = 5,2 \text{ Nm}$$

$$J_m = 0,0025 \text{ kg/m}^2$$

$$m = 10,5 \text{ kg}$$

Moment nutný k překonání momentu setrvačnosti motoru:

$$M_{K_{\text{motor}}} = J_m \cdot i \cdot \alpha = 0,0025 \cdot 5,09 \cdot 0,7 = 0,01 \text{ Nm} \quad (7)$$

Moment setrvačnosti jednotlivých řemenic:

$$J_1 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r_1^2 = 0,02 \text{ kg/m}^2 \quad (8)$$

$$J_2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r_2^2 = 0,87 \text{ kg/m}^2 \quad (9)$$

$m$  - hmotnost řemenice

$r$  - poloměr řemenice

Celkový moment setrvačnosti převodu:

$$J_p = J_1 + J_2 = 0,89 \text{ kg/m}^2 \quad (10)$$

Moment nutný k překonání momentu setrvačnosti převodu:

$$M_{K_{\text{převod}}} = J_p \cdot i \cdot \alpha = 0,89 \cdot 5,09 \cdot 0,7 = 3,12 \text{ Nm} \quad (11)$$

Moment nutný ke zrychlení celé soustavy (12)

$$M_K = M_{Kmotor} + M_{Kprevod} + M_{Kstolu} \cdot \frac{1}{i \cdot \mu} = 0,01 + 3,12 + 2,29 \cdot \frac{1}{5,09 \cdot 0,9} =$$

$$= 3,64 \text{ Nm}$$

Moment nutný ke zpomalení celé soustavy (13)

$$M_K = - M_{Kmotor} - M_{Kprevod} - M_{Kstolu} \cdot \frac{\mu}{i} = - 0,01 - 3,12 - 2,29 \cdot \frac{0,9}{5,09} = - 3,54 \text{ Nm}$$

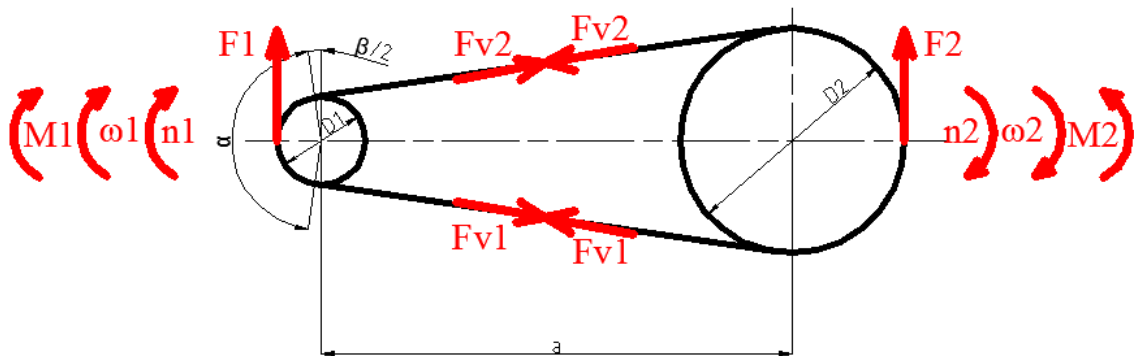
**Motor vyhovuje protože  $M_{Kmotoru} = 5,2 \text{ Nm}$  a potřebný největší kroutící moment pro pohyb celé soustavy je podle (12)  $3,64 \text{ Nm}$ .**

#### 4.2.2 Návrh řemenice:

Řemenice byly navrženy podle materiálových listů, které jsou uvedeny v příloze 6,7. Základní parametry řemenic:

|             |                           |                       |                         |
|-------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|
| $Z_1 = 22$  | $D_1 = 56,02 \text{ mm}$  | $L_1 = 48 \text{ mm}$ | $m_1 = 0,69 \text{ kg}$ |
| $Z_2 = 112$ | $D_2 = 285,21 \text{ mm}$ | $L_2 = 48 \text{ mm}$ | $m_2 = 6,08 \text{ kg}$ |

Na obr. 4.4 jsou zobrazeny síly a momenty, které působí na převod. Protože se jedná o ozubený řemen, není uvažován prokluz a tření. Další výpočet nezahrnuje účinnost.



**Obr. 4.4:** Silové poměry na ozubeném řemenu

Určení převodového čísla

$$i = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{112}{22} = 5,09 \quad (14)$$



Výpočet  $\frac{\beta}{2}$

$$\frac{\beta}{2} = \arcsin \frac{D2-D1}{2 \cdot a} = \arcsin \frac{285,21-56,6}{2 \cdot 600} = 11,01^\circ \quad (15)$$

Výpočet délky řemene (16)

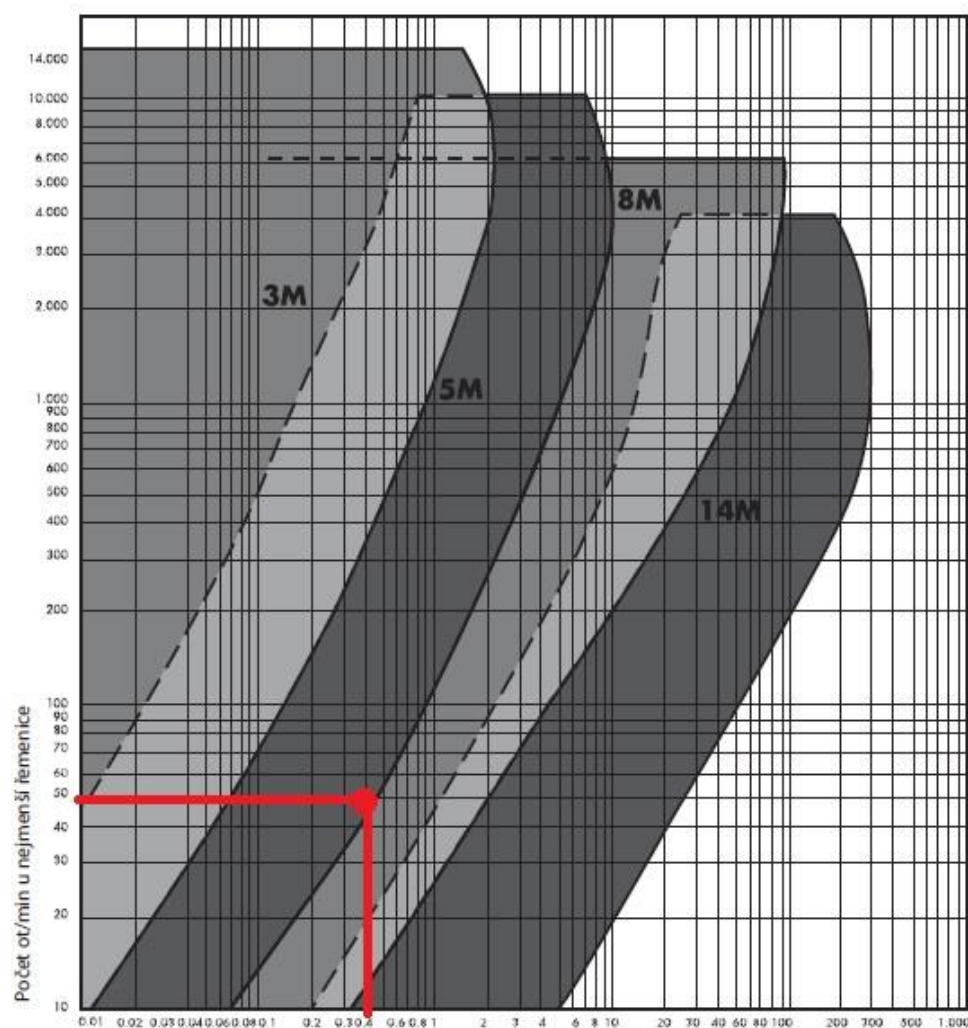
$$L = \pi \cdot \frac{D2+D1}{2} + \frac{(D2-D1)^2}{4a} + 2 \cdot a = \pi \cdot \frac{285,21+56,02}{2} + \frac{(285,21+56,02)^2}{2400} = +2 \cdot 600 = 1757,9 \text{ mm}$$

**Byl zvolen řemen délky 1760 (viz příloha 8).**

Výběr průřezu řemene viz (3), (14):

$$n_{\text{motoru}} = n_{\text{stolu}} \cdot i = 10,03 \cdot 5,09 = 51,1 \text{ ot/min} \quad (17)$$

$$P_{\text{motoru}} = 0,37 \text{ Kw}$$



**Obr. 4.5:** Výběr řemenu – typu [8]



### Podle obr. 4.5 zvolen řemen 08M -1760-30

Výpočet krouticího momentu, obvodové síly a síly v řemenu:

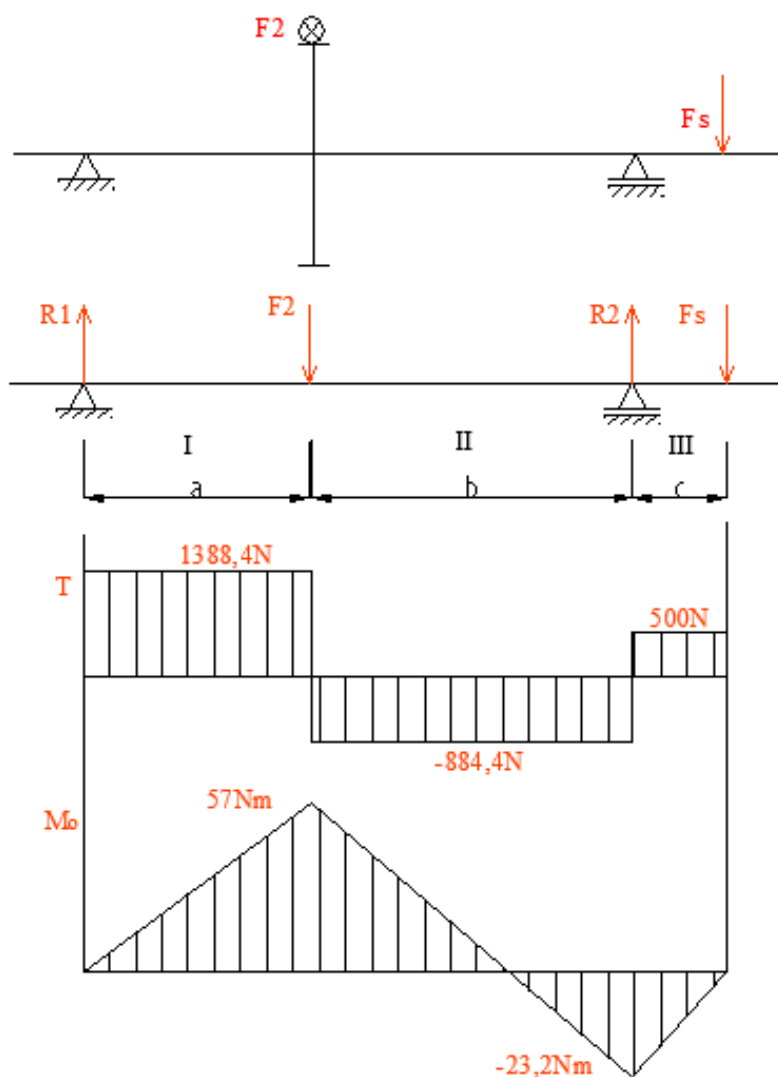
$$M_1 = \frac{P_1}{\omega_1} = \frac{P_1}{2 \cdot \pi \cdot n_1} = 69,2 \text{ Nm} \quad (18)$$

$$P_1 = P_{\text{motoru}} = 0,37 \text{ Kw}$$

$$n_1 = n_{\text{motoru}} = 51,1 \text{ ot/min} = 0,85 \text{ ot/s}$$

$$F_{V1} = F_{V2} = F_1 = F_2 = \frac{M_1}{r_1} = 2471,4 \div 2475 \text{ N} \quad (19)$$

### 4.2.3 Návrh a kontrola hřídele:



**Obr. 4.6** Znázornění působících sil, tečné síly a ohybového momentu

$$F_2 = 2475 \text{ N}$$

$$a = 76 \text{ mm}$$

$$b = 118,5 \text{ mm}$$





$$F_S = 500\text{N} \quad c = 46,5 \text{ mm}$$

Materiál 14 240 ( $R_{P0,2} = 500 \text{ MPa}$ )

Rovnice silové rovnováhy:

$$R_1 - F_2 + R_2 - F_S = 0 \quad (20)$$

$$R_2 = -R_1 + F_2 + F_S = -1384,4 + 2475 + 500 = 1586,6\text{N}$$

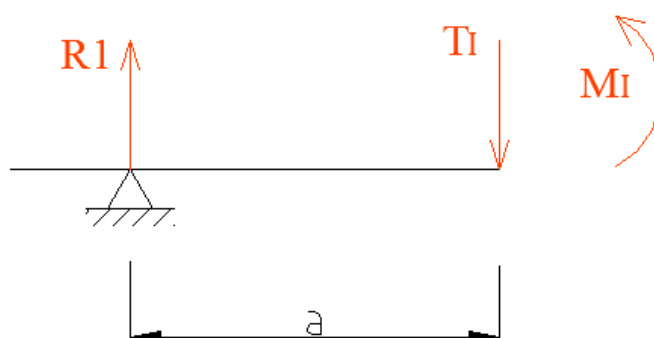
Momentová rovnice k uložení 2:

$$R_1 \cdot (a + b) - F_2 \cdot b + F_S \cdot c = 0 \quad (21)$$

$$R_1 = \frac{F_2 \cdot b - F_S \cdot c}{(a + b)} = \frac{2475 \cdot 118,5 - 500 \cdot 46,5}{(76 + 118,5)} = 1388,4\text{N}$$

**Vnitřní statické účinky v intervalu I**

$$I < 0; a >$$



**Obr. 4.7** Znázornění vnitřních statických účinků v intervalu I

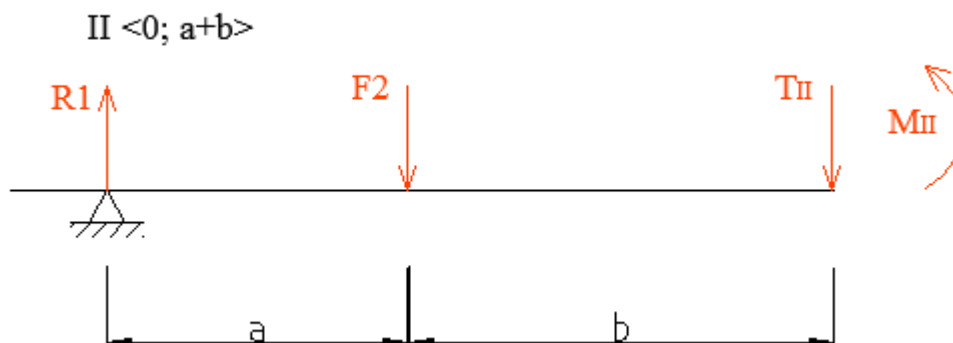
Tečná síla:

$$T_I = R_1 = 1388,4 \text{ N} \quad (22)$$

Ohybový moment:

$$M_{I(a)} = R_1 \cdot a = 1388,4 \cdot 76 = 105,5 \text{ Nm} \quad (23)$$

### Vnitřní statické účinky v intervalu II



**Obr. 4.8** Znázornění vnitřních statických účinků v intervalu II

Tečná síla:

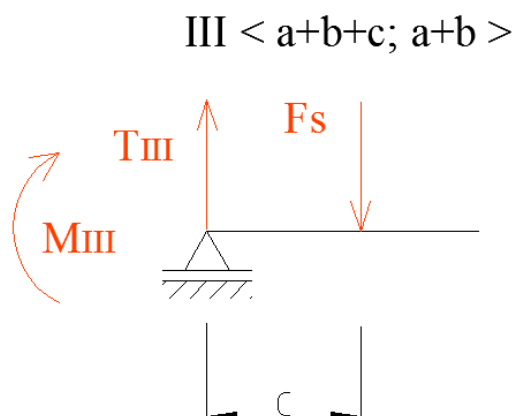
$$T_{II} = R_1 - F_2 = - 884,4 \text{ N} \quad (24)$$

Ohybový moment:

(25)

$$M_{II(a+b)} = R_1 \cdot (a + b) - F_2 \cdot b = 1388,4 \cdot (76 + 118,5) - 2475 \cdot 118,5 = - 23,2 \text{ Nm}$$

### Vnitřní statické účinky v intervalu III



**Obr. 4.9** Znázornění vnitřních statických účinků v intervalu III

Tečná síla:

$$T_{III} = F_S = 500 \text{ N} \quad (26)$$

Ohybový moment:

(27)

$$M_{III(a+b)} = - F_S \cdot c = 500 \cdot 46,5 = - 23,2 \text{ Nm}$$



Max. ohybový moment viz (23):

$$M_{\text{omax}} = 105,5 \text{ Nm}$$

$$W_o = (\pi \cdot d^3) / 32 = 1194 \text{ mm}^3 \quad (28)$$

Napětí v ohybu

$$\sigma_{\text{omax}} = \frac{M_{\text{omax}}}{W_o} = 88,4 \text{ MPa} \quad (29)$$

Kroutící moment

$$M_{K2} = F_2 \cdot r_2 = 2475 \cdot 0,1426 = 353 \text{ Nm} \quad (30)$$

$$W_K = (\pi \cdot d^3) / 16 = 2389 \text{ mm}^3 \quad (31)$$

Tečné napětí

$$\tau_{K2} = \frac{M_K}{W_K} = 147,8 \text{ MPa} \quad (32)$$

Výsledné ekvivalentní napětí dle hypotézy HMMH:

$$\sigma_e = (\sigma_{\text{omax}}^2 + 3 \cdot \tau_{K2}^2)^{1/2} = 270,8 \text{ MPa} \quad (33)$$

Bezpečnost:

$$K = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_e} = \frac{500}{270,8} = 1,85 \quad (34)$$

#### 4.2.4 Kontrola namáhání hřídele prostřednictvím MKP

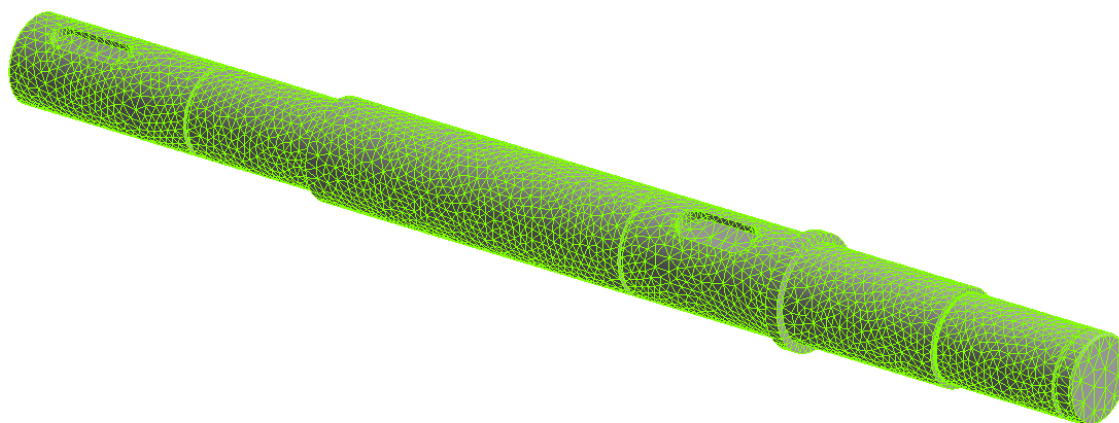
Hřídel byla ještě kontrolována pomocí metody konečných prvků (MKP) v programu ANSYS. Na modelu byly navrženy objemové prvky tetrahedrony (solid 1870). Počet elementů a uzlů je uveden v tab.4.1. Protože se jedná o izotropní materiál (ocel) je pro simulaci nutno definovat 2 konstanty:

- Poissonovo číslo  $\mu = 0,3$
- Modul pružnosti v tahu  $E = 210\,000 \text{ Mpa}$

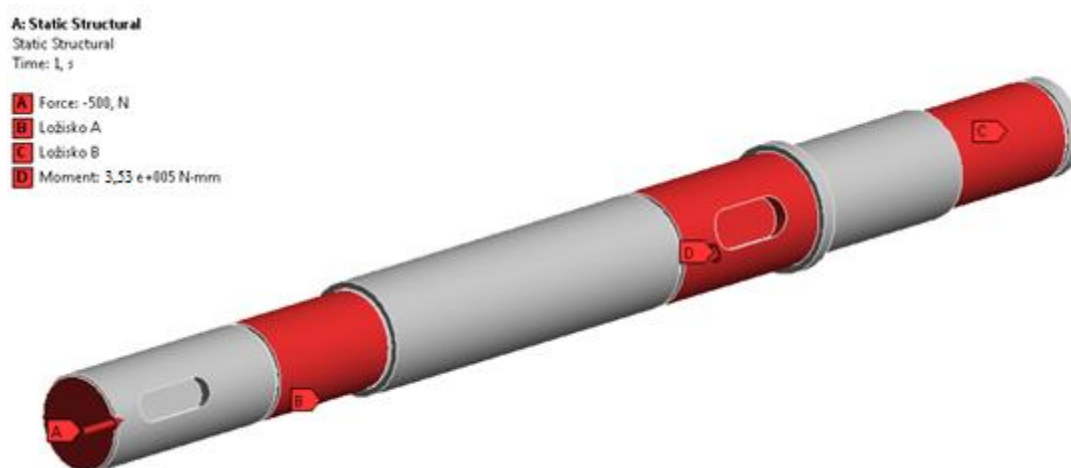
Na obr. 4.10 je výpočtový model v prostředí ANSYS. Obr. 4.11 ukazuje definované okrajové podmínky, na obr. 4.12 je zobrazeno redukované napětí a na obr. 4.13 je celková deformace.

**Tab. 4.1** počet elementů a uzlů

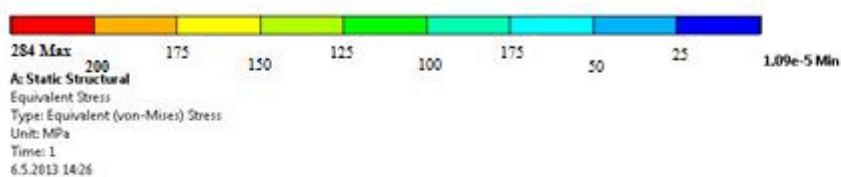
| model  | velikost elementu | počet elementů | počet uzlů |
|--------|-------------------|----------------|------------|
| hřídel | 2mm               | 35245          | 60223      |



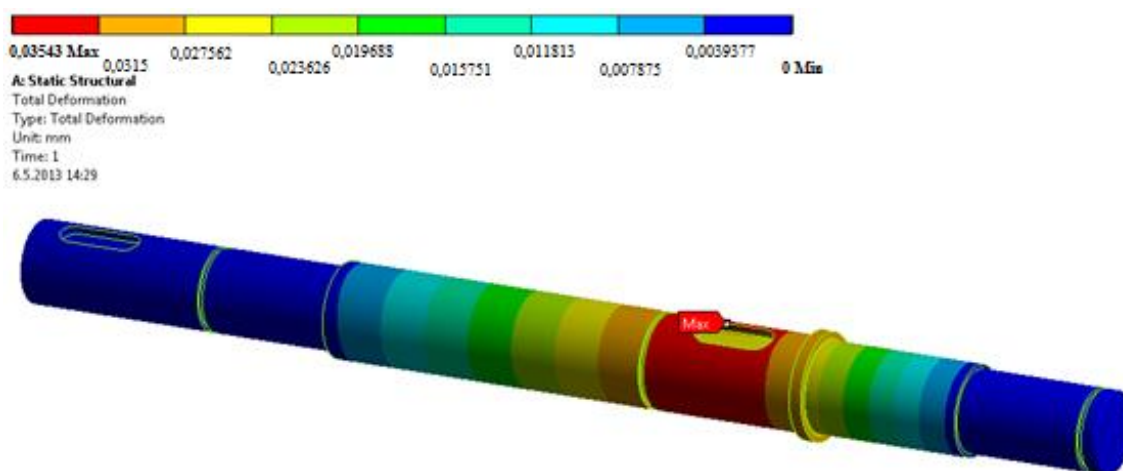
**Obr. 4.10** Výpočetní model



**Obr. 4.11** Definování okrajových podmínek



**Obr 4.12.** Redukované napětí



**Obr. 4.13** Celková deformace

Jak je ukázáno na obr. 4.12, maximální velikost redukovaného napětí je 284 MPa. Pomocí metody MKP byla tedy potvrzena správnost analytického výpočtu, podle kterého je velikost redukovaného napětí 270,8 MPa (31).

#### 4.2.5 Návrh a kontrola ložisek:

Podle katalogu výrobce SKF byla zvolena dvě stejná ložiska SYK 20-TF s následujícími parametry:

$$\begin{aligned} d &= 20 \text{ mm} & D &= 47 \text{ mm} & B &= 31 \text{ mm} \\ C &= 12,7 \text{ kN} & C_0 &= 6,55 \end{aligned}$$

Jelikož jsou obě ložiska stejná a obě zatížena pouze radiálními silami, bude kontrola provedena pouze na více zatěžovaném ložisku. Tím je ložisko, které je zatíženo reakcí  $R_2$ .

$$P = R_2 = 1586,6 \text{ N} \quad (35)$$

$$L_{10} = \left( \frac{C}{P} \right)^3 = 512,9 \quad (36)$$

$$L_{na} = a_1 \cdot L_{10} = 169,3 \quad (37)$$

$$a_1 = 0,33 \text{ (součinitel pro spolehlivost 0,98)}$$

$a_{23}$  = součinitel, který závisí na kinematické viskozitě dané teplotními poměry a druhu maziva. Tento součinitel byl zanedbán (standardně jsou ložiska konstruována na 100°C a u navrhovaného jednoúčelového stroje není předpoklad, že tato teplota bude překročena).

$$L_{h10} = L_{na} \cdot \frac{1\,000\,000}{60 \cdot n} = 282\,167 \text{ hod} \quad (38)$$

$$n = n_{stolu} = 10,03 \text{ ot/min viz (3)}$$

**Ložiska jsou vyhovující.**



#### 4.2.6 Návrh pístů:

##### Píst pro lisování:

Síla potřebná pro zvednutí desky:

$$m = m_{\text{desky}} + m_{\text{plech}} + m_{\text{ostatní}} = 24,3 \text{ kg} \quad (39)$$

$$m_{\text{desky}} = 13,7 \text{ kg} \text{ materiál: slitina 6060(AlMgSi0,5) [9]}$$

$$m_{\text{plech}} = 6,6 \text{ kg} \text{ materiál: ocel 1.035}$$

$$m_{\text{ostatní}} = 4 \text{ kg (ejektor, hadice, rezerva ...)}$$

$$F_G = m \cdot g = 24,3 \cdot 9,81 = 248,4 \text{ N} \quad (40)$$

Síla pro přitlačení těsnění je zvolena na základě odhadu

$$F_{\text{přítlačná}} = 100 \text{ N}$$

Celková potřebná síla

$$F_C = F_G + F_{\text{přítlačná}} = 348,4 \text{ N} \quad (41)$$

Síla pístu DFP\_50\_400\_PPV (viz příloha 9):

$$F = p \cdot B - R = 600\,000 \cdot 0,00165 - 10\% = 891 \text{ N} \quad (42)$$

$p$  – tlak [Pa]

$B$  – plocha pístu na straně pístnice [ $\text{m}^2$ ],

$R$  – tření cca 10%

**Zvolený píst DFP\_50\_400\_PPV vyhovuje.** Jeho průměr je zvolený s rezervou z důvodu odhadované přitlačné síly, kterou je potřeba vyzkoušet praxí a z důvodu dlouhého vyložení (píst je s vedením). Po odzkoušení je možné tento píst provozovat na nižším tlaku, což povede k úspoře energie.

##### Píst pro nanášení pásky:

Vzhledem k zanedbatelné síle pro nanášení pásky (odhadovaná síla do 50N) je potřeba píst, z důvodu jeho velké délky, zkontrolovat pouze na vzpěr. Průměr vyhovující namáhání na vzpěr při bezpečnosti  $S_K = 4$  je 6 mm (viz příloha 10).

**Zvolený píst DSBC-32-700-PA-N3 vyhovuje a byl vybrán průměr 32mm, protože menší průměr v délce pístu (700mm) firma Festo nevyrábí.**



#### 4.2.7 Návrh přísávací desky :

Průměr přísávacího otvoru D (43)

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot m \cdot g \cdot s \cdot 1000}{\pi \cdot p \cdot n}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,150 \cdot 9,81 \cdot 2 \cdot 1000}{\pi \cdot 40 \cdot 124}} = 0,87 \text{ mm} - \text{volím } 3 \text{ mm}$$

Vzhledem k technologickým omezením, zvedání nekovového předmětu a možnosti snižování vakua (pro úsporu spotřebovaného vzduchu a snížení hluku) volím průměr 3mm.

p – vakuum (kPa)

m – hmotnost těsnění (kg)

g - gravitační zrychlení ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ )

n - počet přísavek (ks)

s - součinitel bezpečnosti – volím doporučený pro svislé zvedání bez vodorovného pohybu [6]  $s = 2$

Výpočet průměrného odsávaného objemu  $Q_1$  zdroje vakua

$$Q_1 = 1/2 \cdot Q_{\max} = 1/2 \cdot 5 = 2,5 \text{ l/min} \quad (44)$$

$Q_{\max}$  - maximální sací výkon ejektoru (l/min)

1/2 - opravný koeficient pro přísavky s průměrem do 40 mm

Stanovení maximálního průtočného objemu  $Q_2$  vedení

$$Q_2 = 7 \cdot 54,53 = 381,71 \text{ l/min} \quad (45)$$

S - poměrný průřez vedení mezi přísavkami a zdrojem vakua ( $\text{mm}^2$ )

54,53 - koeficient k převodu  $Q_2$  na l/min

Porovnání průtočného objemu  $Q_1$  s průtočným objemem  $Q_2$

Pro zjištění času nutného k dosažení vakua v dalším kroku postupu použijeme menší z obou průtočných objemů. Menší hodnota odpovídá skutečnému průtočnému objemu, respektive sacímu výkonu a určuje čas pro dosažení potřebné hladiny vakua. [6]

$$Q_1 < Q_2$$

$$2,5 < 381,71$$

Určení objemu V vedení mezi přísavkou a zdrojem vakua

$$V_1 = D^2 \cdot \pi/4 \cdot L_1 = 5^2 \cdot \pi/4 \cdot 500 = 9\,817,5 \text{ mm}^3 \quad (46)$$

$$V_2 = (d^2 \cdot \pi/4 \cdot L_2) \cdot 124 = (3 \cdot \pi/4 \cdot 2) \cdot 124 = 1\,753 \text{ mm}^3 \quad (47)$$



$$V_3 = P \cdot L_3 = 7 \cdot 2440 = 17\,080 \text{ mm}^3 \quad (48)$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = 28\,650,5 \text{ mm}^3 = 0,028 \text{ l} \quad (49)$$

$V_1$  - objem vedení hadice ( $\text{dm}^3$ )

$V_2$  - objem vedení přísavky ( $\text{dm}^3$ )

$V_3$  - objem vedení v desce ( $\text{dm}^3$ )

$D$  - vnitřní průměr vedení hadice (mm)

$d$  - průměr přísavky (mm)

$P$  - průřez vedení v desce ( $\text{mm}^2$ )

$L_1$  - délka vedení hadice (mm)

$L_2$  - délka vedení přísavky (mm)

$L_3$  - délka vedení v desce (mm)

Určení časů  $T_1$  a  $T_2$  pro dosažení vakua (50)

$$T_1 = V \cdot 60/Q = 0,028 \cdot 60/2,5 = 0,7 \text{ s}$$

$$T_2 = 3 \cdot T_1 = 2,1 \text{ s}$$

$T_1$  - čas potřebný pro dosažení 63 % maximálního dosažitelného vakua (s)

$T_2$  - čas potřebný pro dosažení 95 % maximálního dosažitelného vakua (s)

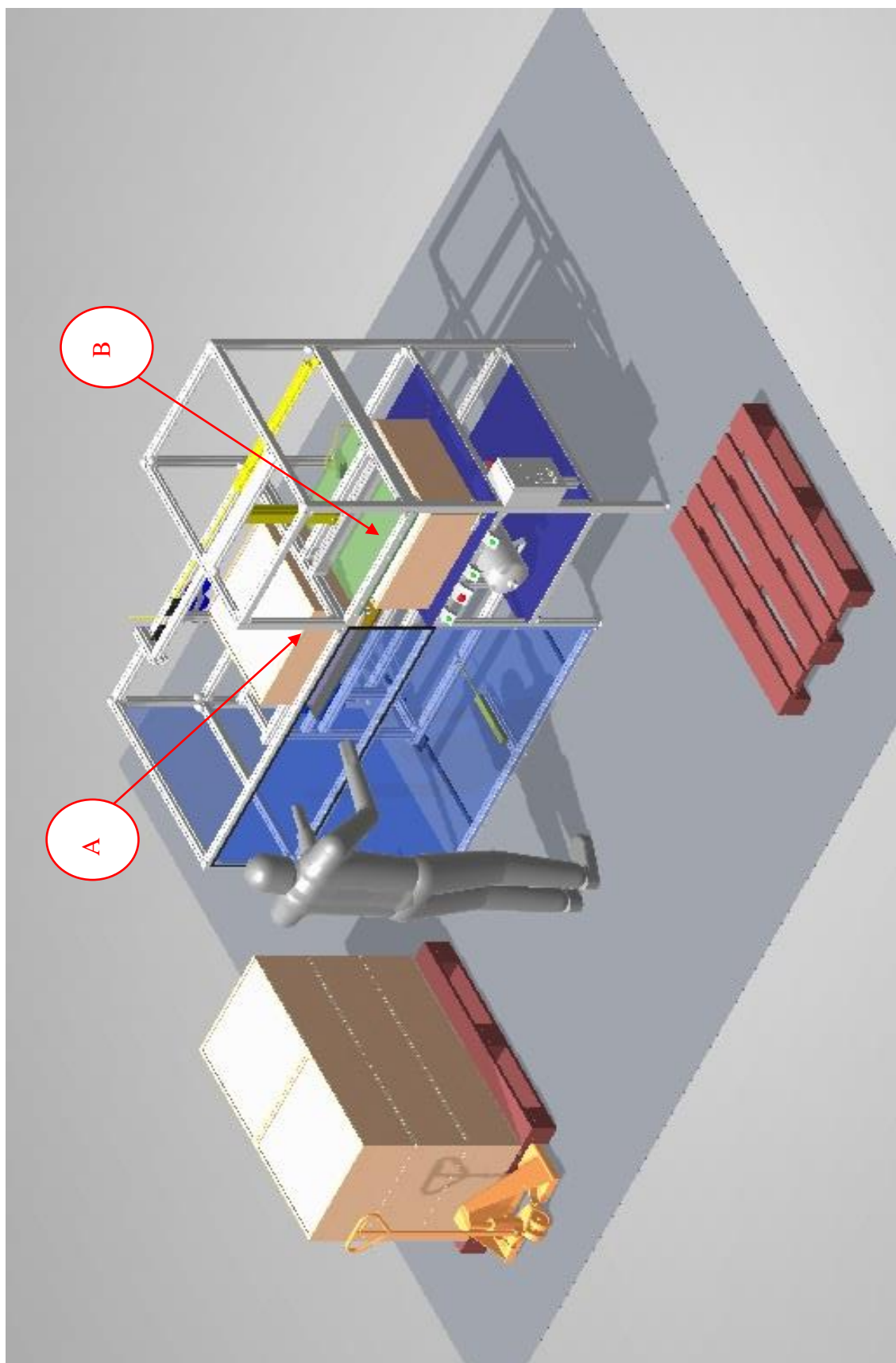
$V$  - objemu vedení mezi přísavkou a zdrojem vakua ( $\text{dm}^3$ )

**Vzhledem k nekovovému zvedanému předmětu je potřeba tento čas ověřit praxí.**

### 4.3 Detailní rozpracování konstrukce:

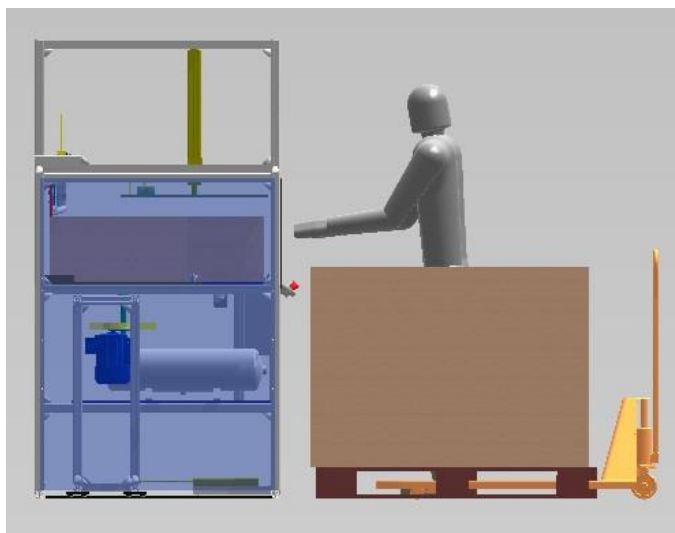
Jednoúčelový stroj se skládá ze dvou pracovišť: pracoviště pro nanesení pásky (A) a pracoviště pro připevnění profilového těsnění (B), viz obr. 4.14. Celá nosná konstrukce jednoúčelového stroje je sestavena z hliníkových profilů řady 8 o rozměru 40x40 mm od firmy Industrietechnik GmbH, které jsou spojeny rohy, ve kterých jsou šrouby M6. Na obr. 4.15 a obr. 4.17 je zobrazen bokorys a nárys jednoúčelového stroje, které dokreslují ergonomii stroje. Model figuríny v obrázcích reprezentuje průměrnou postavu muže a je patrné, že manipulace s filtrem probíhá v úrovni pasu. Jednoúčelový stroj je také výškově nastavitelný pomocí šesti vysouvacích nohou. Dále na obr. 4.17 je zobrazen průchod filtru jednoúčelovým strojem. Přesun filtru mezi výrobními





**Obr. 4.14** Realistický 3D pohled na celý jednoúčelový stroj

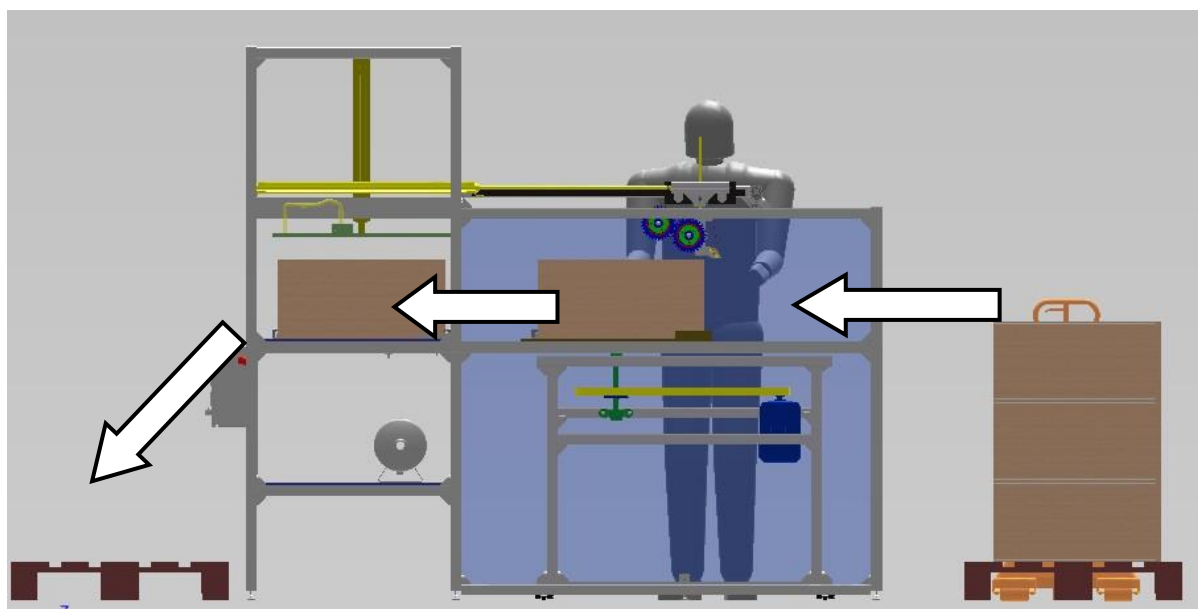
operacemi zajišťuje operátor. Protože na pracovišti pro nanášení lepicí pásky dochází k rotačnímu pohybu stolu s filtrem, je tato část stroje zakryta průhledným plexisklem a to z důvodů zajištění bezpečnosti operátora. Obr. 4.16 zobrazuje vkládání filtru do jednoúčelového stroje, kterému předchází otevření dveří z plexiskla. Aby tyto dveře zabíraly co nejméně prostoru, nemusely být zvedány do výšky hlavy a tak nehozil jejich pád, jsou uchyceny na pantech v rovině stolu.



**Obr. 4.15** Bokorys jednoúčelového stroje



**Obr. 4.16** Detail vkládání filtru

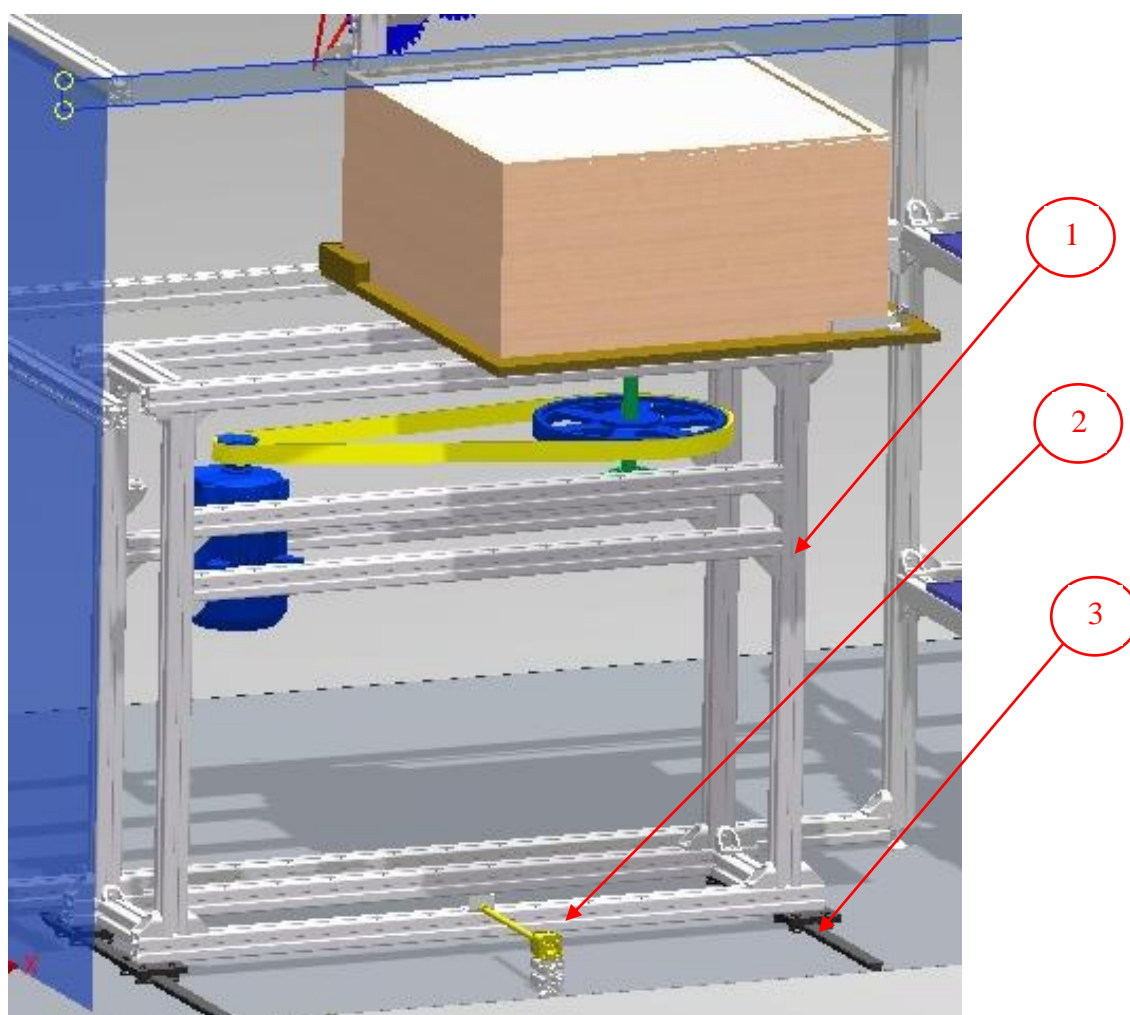


**Obr. 4.17** Nárys jednoúčelového stroje zobrazující tok filtrů jednoúčelovým strojem

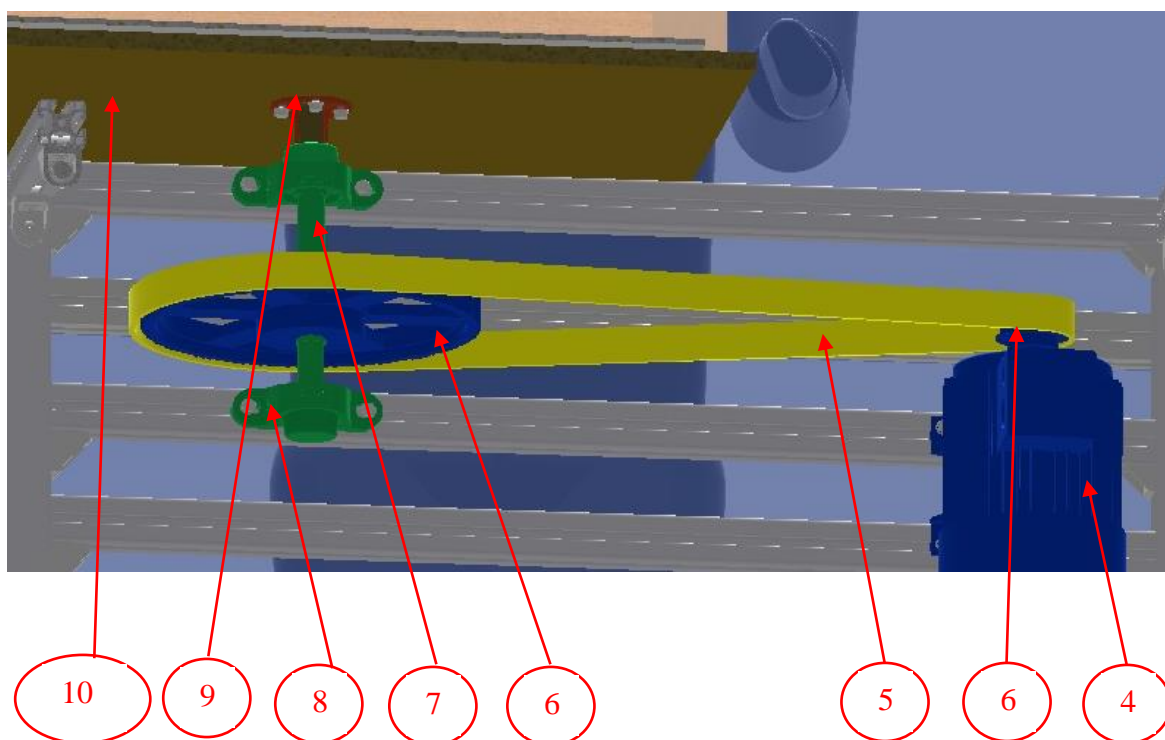
Na obr. 4.18 a obr. 4.19 je detail zařízení, které zajišťuje posun filtru do nanášecí pozice a otočení filtru o 90°. Toto zařízení se skládá z nosné konstrukce otočného



zařízení (1), které se posunuje po vedení (2), ke kterému je přišroubováno. Posun po vedení zajišťuje píst (3). Otočení filtru realizuje elektromotor (4), který pomocí ozubeného řemene (5) a řemenic (6) přenáší svůj výkon na hřídel (7). Převod je zpřevodován do pomala. Hřídel je uchycena v ložiscích (8), které jsou připevněny k nosné konstrukci otočného zařízení. Stůl pro filtr (10) je připevněn k hřídeli pomocí příruby (9), která je přišroubována ke stolu a výkon se přenáší pomocí těsného pera.



**Obr. 4.18** Detail 1 posouvacího zařízení



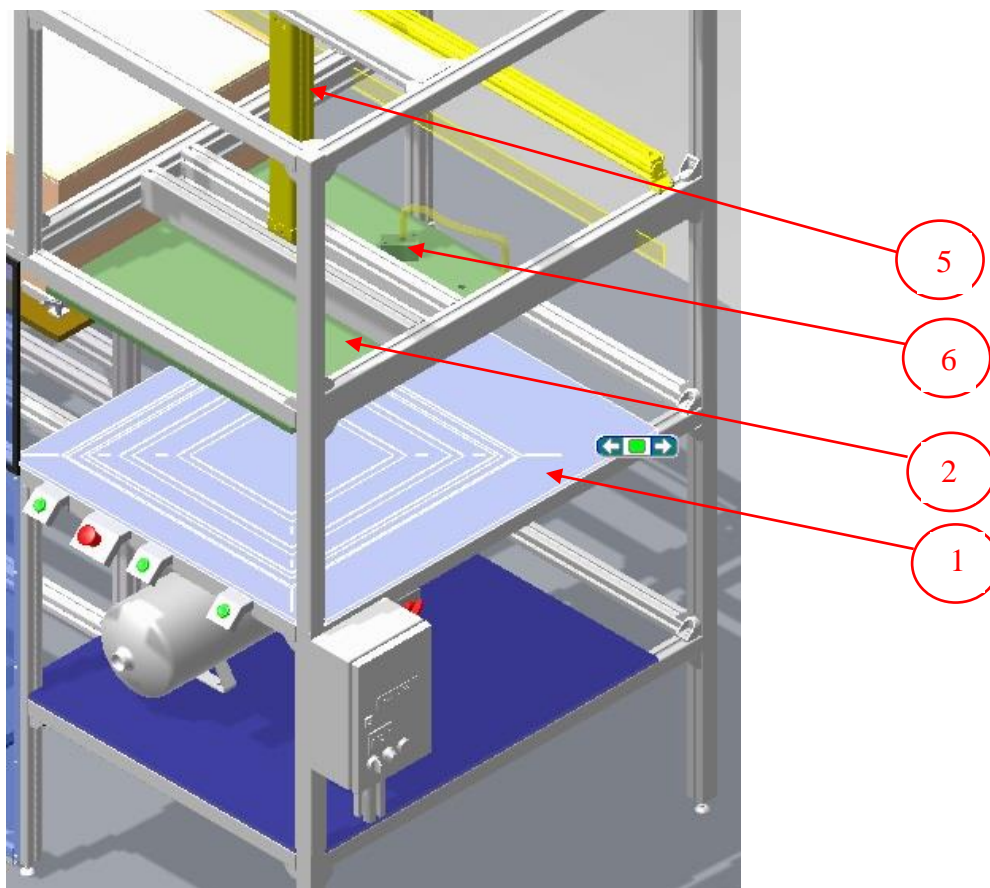
**Obr. 4.19** Detail 2 posuvného zařízení

Pracoviště pro připevnění těsnění zobrazené na obr. 4.21 se skládá ze stolu (1), ve kterém jsou drážky pro těsnění, což umožňuje přesnou fixaci polohy a tvaru těsnění, které při ruční manipulaci nezachovává čtvercový tvar. Dále je zde lisovací deska (2), která slouží jak ke zvednutí a umístění těsnění, tak k spojení filtru s těsněním. Tato deska se skládá z hliníkového nosného členu (3), ve kterém jsou kanálky pro odsátí vzduchu a vytvoření podtlaku. K ní je přišroubován plech s kruhovými otvory (4), který zprostředkovává spojení lisovací desky a těsnění, což je zobrazeno na obr. 4.20.



**Obr. 4.20** Detail přitlačné desky



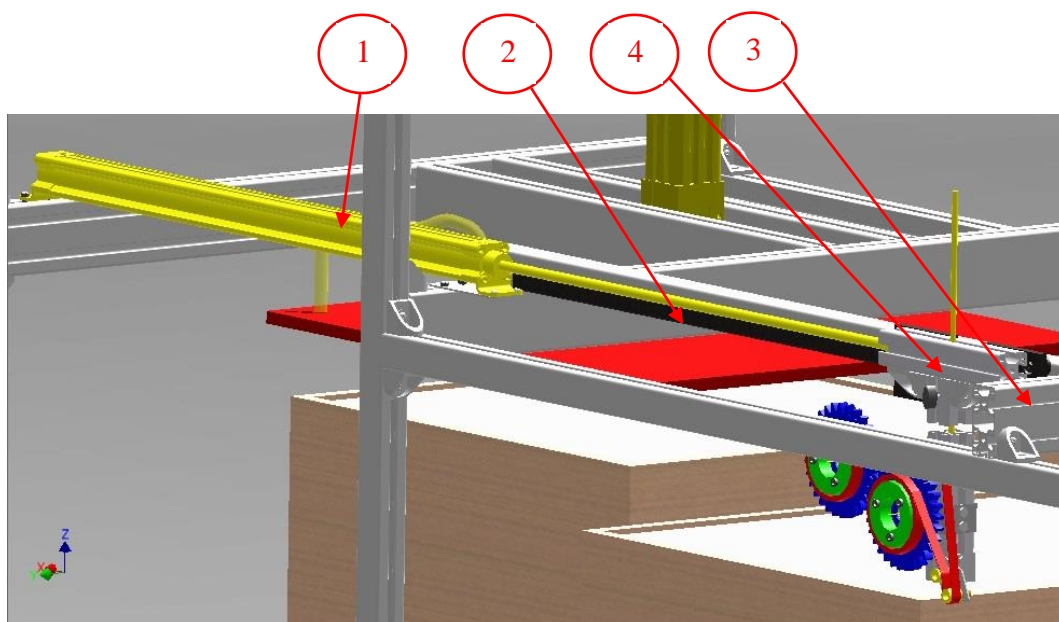


**Obr. 4.21** Detail pracoviště pro připevnění těsnění

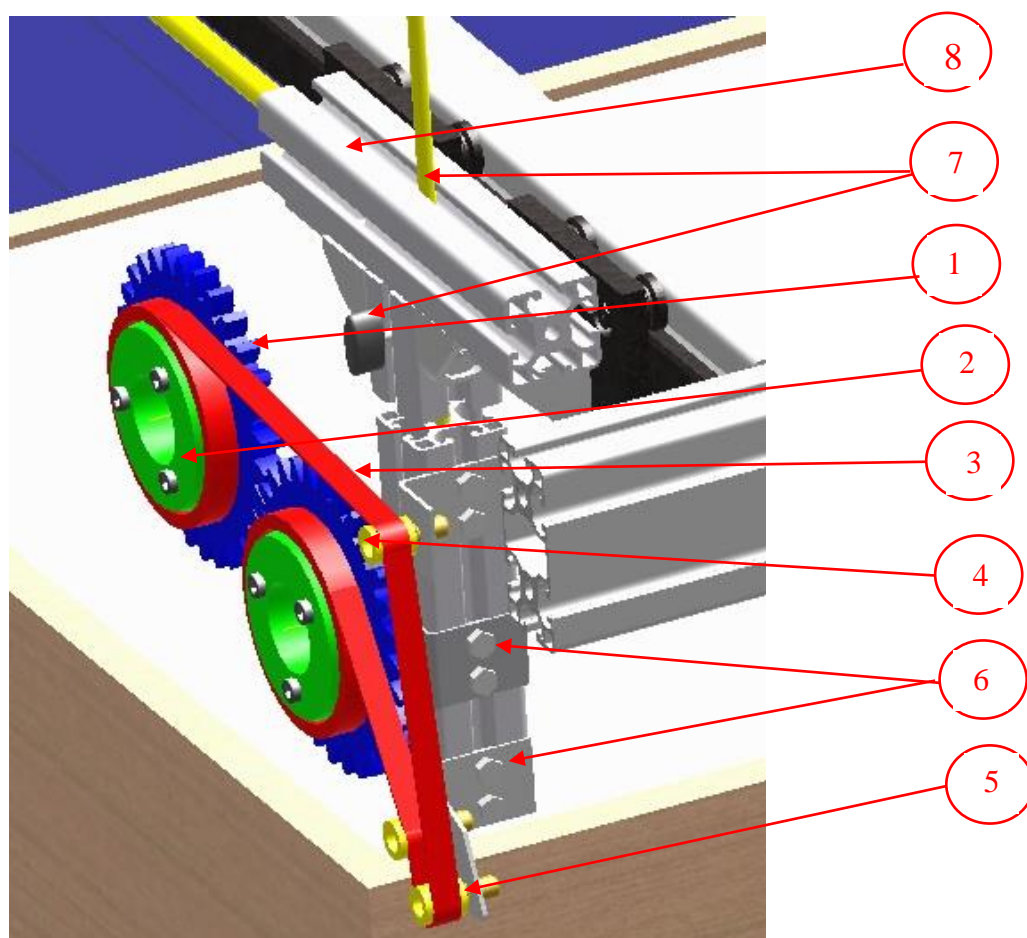
Na obr. 4.21 je zobrazen píst (5), který zprostředkovává vertikální pohyb lisovací desky. Tento píst je opatřen integrovaným vedením, které zajistí, aby nedocházelo k deformaci pístnice a byla zaručena přesná poloha při pohybu. Pro vytvoření podtlaku se používá ejektor (6), který je spojen hadicí s lisovací deskou. Operátor podle rozměru těsnění musí zapojit ejektor do správného místa na lisovací desce, aby se odsával příslušný prostor pod těsněním (v lisovací desce jsou podle rozměru příslušné kanálky).

Na obr. 4.22 a je zobrazeno nanášecí zařízení, které zprostředkovává nanesení pásky na obvod filtru (vždy na jednu hranu na jedno vysunutí pístu). Toto zařízení se skládá z pístu (1), který zajišťuje horizontální lineární pohyb nanášecího členu. Píst nanášecí člen posouvá po vedení (2), které je připevněné na profily řady 8 o rozměrech 80x40 mm (3). Tyto profily jsou připevněny k nosné konstrukci jednoúčelového stroje. Na vedení (2) je připevněn spojovací člen ve tvaru kříže (4), který je tvořen profily řady

8 o rozměrech 40x40 mm a jehož účelem je spojení nanášecího členu s nanášecím zařízením. Také umožňuje výškové nastavení nanášecího členu.



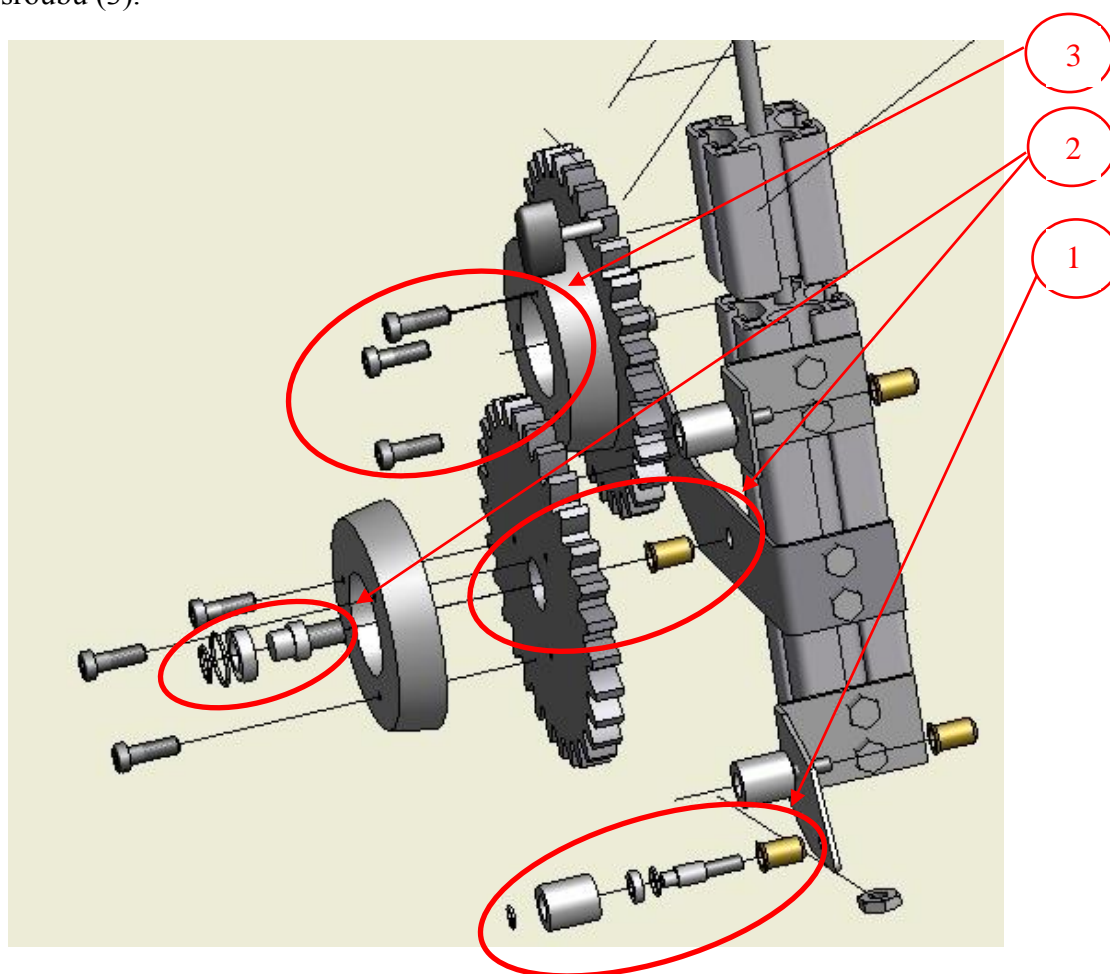
**Obr. 4.22** Nanášecí zařízení



**Obr. 4.23** Nanášecí člen

Na obr. 4.23 je nanášecí člen, který se skládá z plastových ozubených kol (1) a bubnů pro pásku (2), které umožňují nasadit standardní průměr dutinky lepicí pásky 76mm. Dále se skládá z pásky (3), napínacích válečků (4), nanášecího válečku (5), držáků válečků (6) a tyče s pojistným šroubem (7), která umožňuje horizontální posun a tudíž výškové nastavení nanášecího členu. Spojovací člen (8) zajišťuje vedení tyče (7).

Na obr. 4.24 je detailnější rozpad dílů, které tvoří nanášecí člen. Každé ozubené kolo je spojeno s držákem pomocí neotočné hřídelky, která je přišroubována k držáku, ve kterém je nanýtována nýtovací matice. Na hřídelce je kuličkové ložisko, které je z jedné strany zajištěno osazením na hřídeli a osazením v otvoru ozubeného kola. Na druhé straně je zajištěno vnitřním a vnějším pojistným kroužkem (1). Stejná konstrukce je u pryžových nanášecích a napínacích válečků, které se skládají z hřídelky zašroubované do nýtovací matice, dále z kuličkového ložiska, vnějšího a vnitřního pojistného kroužku (2). Buben pro pásku je přišroubován k ozubenému kolu pomocí tří šroubů (3).



**Obr. 4.24** Nanášecí zařízení rozpad na díly



### Cenová kalkulace návrhu jednoúčelového stroje

Byla provedena celková kalkulace nákladů na výrobu jednoúčelového stroje, aby bylo zjištěno splnění kritéria ceny do 200 000kč. Tabulka tab. 4.2 dokládá splnění tohoto cíle.

**Tab. 4.2** celková kalkulace jednoúčelového stroje

| Kalkulace                                 |  |          |               |
|---|--|----------|---------------|
| název                                     | označení                                     | množství | cena bez DPH  |
| krytky                                    | AK840X40                                     | 6 ks     | 100           |
| spojovací rohy se šrouby                  | GW8  | 100 ks   | 10900         |
| nohy konstrukce                           | SD40M8x60                                    | 7 ks     | 328           |
| panty, rukojeť                            | HG8PA80, SCH8PAR                             | 3+1 ks   | 240           |
| profil 40x40                              | P840x40L                                     | 52,1m    | 12900         |
| řezání profilu, díry pro nohy             | xxx  | xxx      | 2240          |
| profil 80x40                              | P880x40L                                     | 4,5m     | 1852          |
| řezání profilu, díry pro nohy             | xxx  | xxx      | 295           |
| motor                                     | 1LA7090-8AB10, patkový (IM B3) -0.37kW,675ot | 1ks      | 2680          |
| píst pro lisování                         | DFP-50-400-PPV-A                             | 1ks      | 21700         |
| píst nanášecí                             | DSBC-32-700-PA-N3                            | 1ks      | 32500         |
| píst pro pohyb                            | CDC 20-250-A-P                               | 1ks      | 7200          |
| řemenice                                  | 22-08M-30 6F                                 | 1ks      | 130           |
| řemenice                                  | 112-08M-30 6A                                | 1ks      | 1380          |
| řemen                                     | 08M-1760-30                                  | 1ks      | 990           |
| vzdušník 30l                              |  | 1ks      | 5600          |
| vedení pro píst, otočné zařízení          | 37me-t9025x100-ss-1000                       | 3ks      | 37500         |
| držáky (výroba GEA)                       |  | 6ks      | 1000          |
| ozubené kola (kooperace)                  |  | 2ks      | 2000          |
| hřídel (výroba GEA)                       |  | 1ks      | 3000          |
| hřídelky (výroba GEA)                     |  | 5ks      | 2000          |
| ložiska                                   | ložiska SYK 20 TF                            | 2ks      | 950           |
| ejektor                                   |  | 1ks      | 2500          |
| lisovací deska (výroba GEA)               |  | 1ks      | 4000          |
| stůl pro filtr (výroba GEA)               |  | 1ks      | 2000          |
| příruba (výroba GEA)                      |  | 1ks      | 500           |
| stůl pro lisování (výroba GEA)            |  | 1ks      | 3000          |
| zbylé drobné položky a rezerva            |  | xxx      | 10 000        |
| <b>Celková cena jednoúčelového stroje</b> |  |          | <b>169485</b> |





## 5 Přezkoumání konstrukčního návrhu pomocí metody FMEA

Metod, kterými můžeme přezkoumat konstrukční návrh je mnoho, např. FTA, QFD, kontrolní listy. V tomto případě byla použita metoda FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) a to s cílem odhalit možné závady ještě ve fázi návrhu a přijmout opatření, které je eliminují. Celý tento proces byl zdokumentován do dvou tabulek, které jsou v příloze 11. U všech možných vad byly zkoumány možné příčiny a důsledky. Byla stanovena tři kritéria: výskyt vady (V), závažnost vady (Z) a detekce vady (D). Každému kritériu byla přiřazeno číslo určující jejich závažnost. Vynásobením těchto tří kritérií bylo získáno rizikové číslo (RČ). Byla stanovena podmínka pro návrh opatření: rizikové číslo vyšší než 30 nebo závažnost vady 9 - 10.

### Výstupem této metody jsou 3 opatření:

- Jelikož je většina konstrukce spojena šrouby, je nutné zaručit správný utahovací moment. Proto po sestavení celého jednoúčelového stroje, musí dojít ke zkoušce utažení všech šroubů pomocí momentového klíče. Ve výkresové dokumentaci je předepsán utahovací moment. Jednoúčelový stroj obsahuje cca 200 šroubů, proto se doporučuje zkontrolovaný šroub označit např. barvou.
- Kdyby došlo k poškození ozubeného řemene a jeho následnému uvolnění, byla konstrukce v nebezpečných místech zakryta pomocí plexiskla, viz obr. 4.15 až obr. 4.17
- Z důvodu drobných závad, způsobených lidskou nepozorností a špatným zapojením se doporučuje provést v rámci montáže funkční zkoušku všech zařízení jednoúčelového stroje.



## 6 Závěr:

Diplomová práce se zabývala novým způsobem lepení profilového těsnění a návrhem jednoúčelového stroje, který tento nový způsob lepení využije a zároveň dodrží požadovaná kritéria. Výsledkem bylo vytvoření konstrukčního návrhu tohoto jednoúčelového stroje.

V úvodu byla vytvořena studie současného stavu lepení profilového těsnění na filtr a byly definovány požadavky na jednoúčelový stroj.

V další části byla provedena Paretova analýza, aby se zjistily klíčové typy filtrů, pro které bude vytvořen návrh jednoúčelového stroje. Tato analýza byla velmi důležitá z důvodu velkého portfolia filtrů, které vyrábí zadavatel diplomové práce GEA Heat Exchangers a.s. Dále byla hledána vhodná technologie pro lepení profilového těsnění na filtr. Jako optimální se prokázalo použití lepící pásky, které bylo odzkoušeno ruční výrobou a bylo shledáno jako vyhovující. Dále pro tuto technologii byly navrženy různé koncepty řešení. Vítězný koncept číslo 5 byl dále rozpracován v konstrukční řešení.

V druhé části diplomové práce je řešen konstrukční návrh jednoúčelového stroje. Nejdříve jsou zde návrhy klíčových dílů, tj. návrh motoru, ozubeného řemenu, hřídele, pístů a odsávací desky. Pomocí metody konečných prvků byla zkontrolována správnost analytických výpočtů hřídele. Poté následuje detailní rozbor konstrukce, finanční kalkulace celého jednoúčelového stroje a ověření konstrukce pomocí metody FMEA. Samozřejmě součástí je i výkresová dokumentace sestavy jednoúčelového stroje.

Navržená konstrukce splnila požadavek na obsluhu jedním operátorem, dále využívá pouze elektrickou energii a rozvod pneumatického vzduchu, což byly další požadavky na jednoúčelový stroj. Těsnost spojení, jak bylo odzkoušeno ruční výrobou, je dostatečná a tudíž se dá předpokládat, že tento požadavek splní i stroj. Zástavbová plocha stroje je  $2,53\text{m}^2$  (půdorys  $2,3 \times 1,1 \text{ m}$ ). Což bylo shledáno jako vyhovující vzhledem k maximální velikosti filtru  $610 \times 610 \text{ mm}$ , pro který je tento stroj navržen.

Jednoúčelový stroj byl zkonstruován pro následující velikosti filtru:  $305 \times 305$ ,  $457 \times 457$ ,  $575 \times 575$ ,  $595 \times 595$  a  $610 \times 610 \text{ mm}$ .

Kromě doby otočení stolu, která z konstrukčních důvodů, musela být prodloužena o 8 s (na všechny fáze) by měl být časový plán konceptu 5 dodržen. Tudíž se dá očekávat, že čas výroby jednoho kusu by se měl pohybovat okolo 70s. Přesný čas



v době návrhu nejde přesně zjistit a bude ověřen až reálným provozem. Přesto se dá předpokládat, že požadovaný čas taktu 2 minuty bude splněn.

Konstrukční návrh se zabýval pouze mechanickou stránkou stroje. Cena stroje je 170 000 Kč, čímž je splněn požadavek na cenu do 200 000 Kč. Protože diplomová práce neřeší návrh řízení jednoúčelového stroje bude nutné započítat ještě náklady na řízení, elektrické a pneumatické rozvody a proto bude cena o tyto náklady navýšena.

Před realizací bude také nutné připravit návrhy zapojení pneumatických obvodů a elektrická schémata. Dále bude potřeba rozpracovat řešení řízení jednoúčelového stroje.

Byl splněn i požadavek na snadnou montáž a výrobu a to tím, že všechny díly (mimo ozubených kol) jsou nakupované díly nebo tyto díly je možné vyrobit ve firmě GEA Heat Exchangers a.s., která je zadavatelem diplomové práce.

**Přínosem konstrukčního řešení jednoúčelového stroje je podstatné zkrácení doby výroby jednoho kusu, s čímž souvisí i snížení výrobních nákladů. Dalším nezanedbatelným přínosem je eliminace ruční práce zavedením částečné automatizace.**



## 7 Seznam použité literatura

- [1] *GEA LVZ a.s. Filtrační média* [online]. [cit. 10.4. 2013] URL: <<http://www.gealvz.cz/Filtracni-media.7370.0.html?&L=16l>>
- [2] *Výhody a omezení benchmarkingu jako nástroje k udržení konkurenční výhody.* [online]. [cit. 10.4. 2013] URL: <<http://spacek.blog.vsem.cz/2011/03/06/vyhody-a-omezeni-benchmarkingu-jako-nastroje-k-udrzeni-konkurencni-vyhody/>>
- [3] *3M Aplikátor transferové pásky* [online]. [cit. 10.4. 2013] URL: <[http:// http://www.g3.cz/cs/catalog/oboustranne-lepici-pasky-3m/transferove-pasky-3m-atg-system/polozka-atg700](http://http://www.g3.cz/cs/catalog/oboustranne-lepici-pasky-3m/transferove-pasky-3m-atg-system/polozka-atg700)>
- [4] *Aplikátor ATG pásek DL1* [online]. [cit. 10.4. 2013] URL: <[http:// http:// shop.lepiky.cz/oboustranne-lepici-pasky/oboustranne-lepici-pasky-pro-rucni-odvijec-atg-a-d/aplikator-atg-pasek-dl1-1000132/](http://http://shop.lepiky.cz/oboustranne-lepici-pasky/oboustranne-lepici-pasky-pro-rucni-odvijec-atg-a-d/aplikator-atg-pasek-dl1-1000132/)>
- [5] *Aplikátory pro nanášení samolepek* [online]. [cit. 10.4. 2013] URL: <[http:// http:// http://70093.ua.all.biz/cs/aplikatory-pro-nanaseni-samolepek-g651432?pid=>](http://http://http://70093.ua.all.biz/cs/aplikatory-pro-nanaseni-samolepek-g651432?pid=>)>
- [6] *SCM Training* [online]. [cit. 10.4. 2013] URL: <[http://2009.oc.smc-cee.com/cz/pdf/LG2\\_Vakuum.pdf](http://2009.oc.smc-cee.com/cz/pdf/LG2_Vakuum.pdf)>
- [7] *Tyma* [online]. [cit. 10.4. 2013] URL: <<http://www.tyma.cz/produkty/remenice/ozubene-htd-3m-5m-8m-14m/>>
- [8] *Tyma* [online]. [cit. 10.4. 2013] URL: <<http://www.tyma.cz/produkty/remeny/>>
- [9] *Elviko* [online]. [cit. 10.4. 2013] URL: <[http://www.elviko.cz/UserFiles/Manual/Manualy-motory/katalog\\_1la7.pdf](http://www.elviko.cz/UserFiles/Manual/Manualy-motory/katalog_1la7.pdf)>
- [10] *Almio* [online]. [cit. 10.4. 2013] URL: <<http://almio.cz/kalkulacka.php>>
- [11] *Hoerbiger* [online]. [cit. 10.4. 2013] URL: <[http://www.fluidbohemia.cz/resources/upload/data/1\\_pneumaticke\\_valce.pdf](http://www.fluidbohemia.cz/resources/upload/data/1_pneumaticke_valce.pdf)>
- [12] PEŠÍK, L. Části strojů, I. díl 4.vyd. Skripta. Liberec: TU v Liberci, 2010. 226 s. ISBN 987-80-7372-573-0.
- [13] PEŠÍK, L. Části strojů, II. díl 4.vyd. Skripta. Liberec: TU v Liberci, 2010. 236 s. ISBN 987-80-7372-574-7.



- [14] Bolek, A.; Kochman, J. a kol.: Části strojů (svazek 1 a 2), SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha, 2012, str. 712, ISBN 80-03-00426-8
- [15] MAŠÍN, I – ŠEVČÍK, L. Metody inovačního inženýrství. Inovace, plánování a navrhování výrobku. 1.vyd. 2006 ISBN 80-903533-0-4
- [16] ŠEVČÍK, L. : PLM systém a principy návrhu výroby. Liberec 2010
- [17] Höschl, C.: Pružnost a pevnost (svazek I a II), TUL, Liberec, 1992, str.182, ISBN 80-7093-104-9
- [18] Petru, M.; Petřík, J.: Systems to optimize comfort and developments of car seat, Acta Technica Corviniensis - Bulletin of Engineering Annals of Faculty Engineering Hunedoara, fascicule 4, 2009, str.55-59, ISSN 1584-2665



## 8 Přílohy:

Příloha 1: Časy přestaveb jednotlivých konceptů

| Koncept 1, 2, 3 |  |         |                              |
|-----------------|--|---------|------------------------------|
| Pořadí operace  | Popis operace  | Čas [s] | Poznámka                     |
| 1               | dojít k druhé nanášecí hlavici   | 2,5     | A3B0G1M3X0I0A0=70 TMU= 2,5 s |
| 2               | uvolnit zajištění druhé nanášecí hlavici                                     |         |                              |
| 3               | seřízení vzdálenosti druhé nanášecí hlavice podle požadovaného rozměr filtru | 3       | A1B0G1M6X0I1A0=90 TMU= 3 s   |
| 4               | zajistit druhou nanášecí hlavici   | 2       | A1B0G1M3X0I0A0=50 TMU= 2 s   |
| 5               | dojít k třetí nanášecí hlavici   | 2,5     | A3B0G1M3X0I0A0=70 TMU= 2,5 s |
| 6               | uvolnit zajištění třetí nanášecí hlavici                                     |         |                              |
| 7               | seřízení vzdálenosti třetí nanášecí hlavice podle požadovaného rozměr filtru | 3       | A1B0G1M6X0I1A0=90 TMU= 3 s   |
| 8               | zajistit třetí nanášecí hlavici  | 4       | A1B0G1M3X0I0A6=110 TMU= 4 s  |
| 9               | návrat na operaci 1  |         |                              |
| 10              | nastavení programu   | 5       |                              |
| 11              | spuštění operace 1   | 1       |                              |
| CELKEM          |  | 23      |                              |
| DOBA PŘESTAVBY  |  | 25      |                              |



| Koncept 4                            |  |         |   |
|--------------------------------------|--|---------|---|
| Pořadí operace                       | Popis operace  | Čas [s] | Poznámka                                    |
| 1                                    | dojít k druhé nanášecí hlavici   | 2,5     | A3B0G1M3X0I0A0=70 TMU= 2,5 s                |
| 2                                    | uvolnit zajištění druhé nanášecí hlavici                                     |         |   |
| 3                                    | seřízení vzdálenosti druhé nanášecí hlavice podle požadovaného rozměr filtru | 3       | A1B0G1M6X0I1A0=90 TMU= 3 s                  |
| 4                                    | zajistit třetí nanášecí hlavici  | 4       | A1B0G1M3X0I0A6=110 TMU= 4 s                 |
| 5                                    | návrat na operaci 1  |         |   |
| 6                                    | nastavení programu   | 5       |   |
| 7                                    | spuštění operace 1   | 1       |   |
| CELKEM                               |  | 15,5    |   |
| DOBA PŘESTAVBY PRO ČTVERCOVÝ FILTR   |  | 17      |   |
| DOBA PŘESTAVBY PRO OBDELNÍKOVÝ FILTR |  | 31      | 17+9,5(kroky1-3)+4,5(chůze navíc a rezerva) |

| Koncept 5      |                    |         |          |
|----------------|--------------------|---------|----------|
| Pořadí operace | Popis operace      | Čas [s] | Poznámka |
| 1              | nastavení programu | 5       |          |
| DOBA PŘESTAVBY |                    | 5       |          |

Příloha 2: Porovnání využití operátora a stroje

| KRITÉRIUM         | KONCEPTY  |           |           |           |           |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                   | Koncept 1 | Koncept 2 | Koncept 3 | Koncept 4 | Koncept 5 |
| Využití operátora | 100%      | 100%      | 62%       | 100%      | 64%       |
| Využití stroje    | 67%       | 80%       | 38%       | 74%       | 81%       |
| Průměr            | 84%       | 90%       | 50%       | 87%       | 73%       |



Příloha 3: Doba trvání výroby dávky 50 ks jednotlivými koncepty

|                        |                                      |                                 | KONCEPTY     |              |              |              |              |
|------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                        |                                      |                                 | Koncept<br>1 | Koncept<br>2 | Koncept<br>3 | Koncept<br>4 | Koncept<br>5 |
| CT [s]                 |                                      |                                 | 27           | 25           | 42           | 27           | 53           |
| Čas na<br>přestavbu[s] |                                      |                                 | 25           | 25           | 25           | 17<br>31     | 5            |
| Druh filtru            | Procentuální<br>zastoupení<br>filtru | Počet kusů<br>při dávce<br>50ks | Čas výroby   |              |              |              |              |
| 610x610                | 39                                   | 19                              | 538          | 500          | 823          | 530          | 1012         |
| 457x457                | 16                                   | 8                               | 241          | 225          | 361          | 233          | 429          |
| 305x305                | 13                                   | 6                               | 187          | 175          | 277          | 179          | 323          |
| 575X575                | 12                                   | 6                               | 187          | 175          | 277          | 179          | 323          |
| 305x610                | 9                                    | 4                               | 133          | 125          | 193          | 139          | 217          |
| 595X595                | 8                                    | 4                               | 133          | 125          | 193          | 125          | 217          |
| CELKEM [s]             |                                      |                                 | 1419         | 1325         | 2124         | 1385         | 2521         |
| CELKEM [min]           |                                      |                                 | 23,7         | 22,1         | 35,4         | 23,1         | 42,0         |





Příloha 4: První hrubá kalkulace konceptů

| SOUČÁST  | CENA      | KONCEPTY   |               |            |               |            |               |            |               |            |               |
|--|-----------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|
|  |           | Koncet 1   |               | Koncet 2   |               | Koncet 3   |               | Koncet 4   |               | Koncet 5   |               |
|  |           | Počet kusů | Cena součásti | Počet kusů | Cena součásti | Počet kusů | Cena součásti | Počet kusů | Cena součásti | Počet kusů | Cena součásti |
| nanašecí píst (125mm-800mm)  | 19 400 Kč | 4          | 77 600 Kč     | 4          | 77 600 Kč     | 4          | 77 600 Kč     | 2          | 38 800 Kč     | 1          | 19 400 Kč     |
| posouvací píst   | 3 100 Kč  | 0          | 0 Kč          | 0          | 0 Kč          | 0          | 0 Kč          | 0          | 0 Kč          | 1          | 3 100 Kč      |
| nosná konstrukce (jedy svařené, šroubované)                          | 15 000 Kč | 1          | 15 000 Kč     | 1          | 15 000 Kč     | 1          | 15 000 Kč     | 1          | 15 000 Kč     | 1          | 15 000 Kč     |
| krokový motor  | 15 400 Kč | 1          | 15 400 Kč     | 0          | 0 Kč          | 0          | 0 Kč          | 2          | 30 800 Kč     | 1          | 15 400 Kč     |
| lis (vlastní konstrukce)   | 7 500 Kč  | 1          | 7 500 Kč      | 1          | 7 500 Kč      | 1          | 7 500 Kč      | 1          | 7 500 Kč      | 1          | 7 500 Kč      |
| dopravník bez pohonu   | 8 000 Kč  | 0          | 0 Kč          | 1          | 8 000 Kč      | 0          | 0 Kč          | 0          | 0 Kč          | 0          | 0 Kč          |
| pneu. příslušenství na stroj (hadice, ventily, spojky...)            | 8 000 Kč  | 1          | 8 000 Kč      | 1          | 8 000 Kč      | 1          | 8 000 Kč      | 1          | 8 000 Kč      | 1          | 8 000 Kč      |
| pneu. příslušenství na 1 nanašecí hlavu (hadice, ventily, spojky...) | 4 000 Kč  | 4          | 16 000 Kč     | 4          | 16 000 Kč     | 4          | 16 000 Kč     | 2          | 8 000 Kč      | 1          | 4 000 Kč      |
| lineární vedení 32/300 mm  | 7 700 Kč  | 2          | 15 400 Kč     | 2          | 15 400 Kč     | 2          | 15 400 Kč     | 1          | 7 700 Kč      | 0          | 0 Kč          |
| lineární vedení 63/500 mm  | 14 800 Kč | 0          | 0 Kč          | 0          | 0 Kč          | 0          | 0 Kč          | 0          | 0 Kč          | 1          | 14 800 Kč     |
| nanašecí hlava (vlastní konstrukce)                                  | 5 000 Kč  | 4          | 20 000 Kč     | 4          | 20 000 Kč     | 4          | 20 000 Kč     | 2          | 10 000 Kč     | 1          | 5 000 Kč      |
| spínače, regulace, ovládání  | 20 000 Kč | 1          | 20 000 Kč     | 1          | 20 000 Kč     | 1          | 20 000 Kč     | 1          | 20 000 Kč     | 1          | 20 000 Kč     |
| CENA KONCEPTU  |           | 194 900 Kč |               | 187 500 Kč |               | 179 500 Kč |               | 145 800 Kč |               | 112 200 Kč |               |
| CELKOVÁ CENA S 10% REZERVOU  |           | 214 390 Kč |               | 206 250 Kč |               | 197 450 Kč |               | 160 380 Kč |               | 123 420 Kč |               |



Příloha 5: charakteristika motoru [9]

| Jmen. výkon | Velikost | Objednací číslo                             | Otáčky            | Parametry při jmenovitém výkonu |                    |                           | Poměrný záběrný moment | Poměrný záběrný proud | Poměrný moment zvratu | Momentová třída | Momentová charakteristika Diagram č. | Moment setrvačnosti J | Hmotnost   |
|-------------|----------|---|-------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|--------------------------------------|-----------------------|------------|
|             |          | Označení pro napětí a tvar viz tabulka níže |                   | Účinnost $\eta$                 | Účinník $\cos\Phi$ | Jmenovitý proud při 400 V | Mz / Mn                | Ik / In               | Mmax / Mn             |                 | (str. 16)                            | kg m <sup>2</sup>     | Tvar IM B3 |
| kW          |          | 8-pól, 750 min <sup>-1</sup> , 50Hz         | min <sup>-1</sup> | %                               |                    | A                         | -                      | -                     | -                     | KL              |                                      |                       | kg         |
| 0,09        | 71       | 1LA7 070-8AB..                              | 630               | 53                              | 0,68               | 0,36                      | 1,9                    | 2,2                   | 1,7                   | 13              | 13                                   | 0,0009                | 6,3        |
| 0,12        | 71       | 1LA7 073-8AB..                              | 645               | 53                              | 0,64               | 0,51                      | 1,8                    | 2,2                   | 1,7                   | 13              | 13                                   | 0,0009                | 6,3        |
| 0,18        | 80       | 1LA7 080-8AB..                              | 675               | 51                              | 0,68               | 0,75                      | 2,5                    | 1,7                   | 2,3                   | 13              | 13                                   | 0,0015                | 7,5        |
| 0,25        | 80       | 1LA7 083-8AB..                              | 680               | 58                              | 0,64               | 1,03                      | 3,5                    | 2,0                   | 2,6                   | 13              | 13                                   | 0,0018                | 9,4        |
| 0,37        | 90S      | 1LA7 090-8AB..                              | 675               | 63                              | 0,75               | 1,13                      | 5,2                    | 1,6                   | 2,9                   | 13              | 13                                   | 0,0025                | 10,5       |
| 0,55        | 90L      | 1LA7 096-8AB..                              | 675               | 66                              | 0,76               | 1,58                      | 7,8                    | 1,7                   | 3,0                   | 13              | 13                                   | 0,0035                | 13,2       |

Příloha 6: Výběr řemenice 1 [7]

# Ozubené řemenice s válcovou dírou (bez díry)

# 8 M

## Pilot Bore Timing Pulleys

Figur 6F

### Typ 8M - Pro řemeny HTD 8M (resp. RPP 8) - rozteč 8,0mm / For belts HTD 8M (RPP 8) - Pitch 8,0mm

| Zubů<br>Teeth | Šíř.ř.<br>Width | Označení / Obj.č.<br>Part.No. | Typ<br>Fig. | * Mat. | Dp<br>[mm] | De<br>[mm] | Df<br>[mm] | Dm<br>[mm] | Di<br>[mm] | F<br>[mm] | L<br>[mm] | d<br>[mm] | m<br>[kg] |
|---------------|-----------------|-------------------------------|-------------|--------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| **18          | 20              | 18-08M-20                     | 6F          | ST     | 45,84      | 44,47      | 32,00      | 28,00      | -          | 28,0      | 38,0      | -         | 0,44      |
|               | 30              | 18-08M-30                     | 6F          | ST     | 45,84      | 44,47      | 32,00      | 28,00      | -          | 28,0      | 38,0      | -         | 0,56      |
|               | 50              | 18-08M-50                     | 6F          | ST     | 45,84      | 44,47      | 32,00      | 28,00      | -          | 28,0      | 38,0      | -         | 0,81      |
|               | 85              | 18-08M-85                     | 6F          | ST     | 45,84      | 44,47      | 32,00      | 28,00      | -          | 28,0      | 38,0      | -         | 1,26      |
| **20          | 20              | 20-08M-20                     | 6F          | ST     | 50,93      | 49,56      | 36,00      | 45,00      | -          | 28,0      | 38,0      | -         | 0,52      |
|               | 30              | 20-08M-30                     | 6F          | ST     | 50,93      | 49,56      | 36,00      | 45,00      | -          | 28,0      | 38,0      | -         | 0,65      |
|               | 50              | 20-08M-50                     | 6F          | ST     | 50,93      | 49,56      | 36,00      | 45,00      | -          | 28,0      | 38,0      | -         | 0,95      |
|               | 85              | 20-08M-85                     | 6F          | ST     | 50,93      | 49,56      | 36,00      | 45,00      | -          | 28,0      | 38,0      | -         | 1,47      |
| 22            | 20              | 22-08M-20                     | 6F          | ST     | 56,02      | 54,65      | 60,00      | 43,00      | -          | 28,0      | 38,0      | 12,0      | 0,54      |
|               | 30              | 22-08M-30                     | 6F          | ST     | 56,02      | 54,65      | 60,00      | 43,00      | -          | 38,0      | 48,0      | 12,0      | 0,69      |
|               | 50              | 22-08M-50                     | 6F          | ST     | 56,02      | 54,65      | 60,00      | 43,00      | -          | 60,0      | 70,0      | 12,0      | 1,00      |
|               | 85              | 22-08M-85                     | 6F          | ST     | 56,02      | 54,65      | 60,00      | 43,00      | -          | 95,0      | 105,0     | 12,0      | 1,55      |
| 24            | 20              | 24-08M-20                     | 6F          | ST     | 61,12      | 59,75      | 66,00      | 45,00      | -          | 28,0      | 38,0      | 12,0      | 0,65      |
|               | 30              | 24-08M-30                     | 6F          | ST     | 61,12      | 59,75      | 66,00      | 45,00      | -          | 38,0      | 48,0      | 12,0      | 0,84      |
|               | 50              | 24-08M-50                     | 6F          | ST     | 61,12      | 59,75      | 66,00      | 45,00      | -          | 60,0      | 70,0      | 12,0      | 1,10      |

Zobraz



Příloha 7: Výběr řemenice 2 [7]

# Ozubené řemenice s válcovou dírou (bez díry)

## Pilot Bore Timing Pulleys

8 M

Figur 6A

Figur 6F

Figur 6WF

Figur 10A

Figur 10WF

### Typ 8M - Pro řemeny HTD 8M (resp. RPP 8) - rozteč 8,0mm / For belts HTD 8M (RPP 8) - Pitch 8,0mm

| Zubů<br>Teeth | Šíř.ř.<br>Width | Označení / Obj.č.<br>Part.No. | Typ<br>Fig. | * Mat. | Dp<br>[mm] | De<br>[mm] | Df<br>[mm] | Dm<br>[mm] | Di<br>[mm] | F<br>[mm] | L<br>[mm] | d<br>[mm] | m<br>[kg] |
|---------------|-----------------|-------------------------------|-------------|--------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 44            | 20              | 44-08M-20                     | 6F          | GG     | 112,05     | 110,67     | 119,00     | 75,00      | -          | 28,0      | 38,0      | 15,0      | 2,10      |
|               | 30              | 44-08M-30                     | 6F          | GG     | 112,05     | 110,67     | 119,00     | 75,00      | -          | 38,0      | 48,0      | 15,0      | 2,80      |
|               | 50              | 44-08M-50                     | 6F          | GG     | 112,05     | 110,67     | 119,00     | 75,00      | -          | 60,0      | 70,0      | 18,0      | 3,90      |
|               | 85              | 44-08M-85                     | 6F          | GG     | 112,05     | 110,67     | 119,00     | 75,00      | -          | 95,0      | 105,0     | 18,0      | 6,60      |
| 48            | 20              | 48-08M-20                     | 6F          | GG     | 122,23     | 120,86     | 127,00     | 75,00      | -          | 28,0      | 38,0      | 15,0      | 2,44      |
|               | 30              | 48-08M-30                     | 6F          | GG     | 122,23     | 120,86     | 127,00     | 75,00      | -          | 38,0      | 48,0      | 15,0      | 3,20      |
|               | 50              | 48-08M-50                     | 6F          | GG     | 122,23     | 120,86     | 127,00     | 80,00      | -          | 60,0      | 70,0      | 18,0      | 4,30      |
|               | 85              | 48-08M-85                     | 6F          | GG     | 122,23     | 120,86     | 127,00     | 80,00      | -          | 95,0      | 105,0     | 18,0      | 7,60      |
| 56            | 20              | 56-08M-20                     | 6WF         | GG     | 142,60     | 141,23     | 148,00     | 80,00      | 117,00     | 28,0      | 38,0      | 15,0      | 2,60      |
|               | 30              | 56-08M-30                     | 6WF         | GG     | 142,60     | 141,23     | 148,00     | 90,00      | 117,00     | 38,0      | 48,0      | 15,0      | 3,60      |
|               | 50              | 56-08M-50                     | 10WF        | GG     | 142,60     | 141,23     | 148,00     | 90,00      | 117,00     | 60,0      | 60,0      | 18,0      | 5,00      |
|               | 85              | 56-08M-85                     | 6F          | GG     | 142,60     | 141,23     | 148,00     | 80,00      | -          | 95,0      | 105,0     | 20,0      | 9,80      |
| 64            | 20              | 64-08M-20                     | 6WF         | GG     | 162,97     | 161,60     | 168,00     | 80,00      | 137,00     | 28,0      | 38,0      | 15,0      | 2,90      |
|               | 30              | 64-08M-30                     | 6WF         | GG     | 162,97     | 161,60     | 168,00     | 90,00      | 137,00     | 38,0      | 48,0      | 15,0      | 4,30      |
|               | 50              | 64-08M-50                     | 10WF        | GG     | 162,97     | 161,60     | 168,00     | 100,00     | 137,00     | 60,0      | 60,0      | 18,0      | 5,60      |
|               | 85              | 64-08M-85                     | 10WF        | GG     | 162,97     | 161,60     | 168,00     | 100,00     | 137,00     | 95,0      | 95,0      | 20,0      | 10,40     |
| 72            | 20              | 72-08M-20                     | 6WF         | GG     | 183,35     | 181,97     | 192,00     | 80,00      | 158,00     | 28,0      | 38,0      | 15,0      | 3,10      |
|               | 30              | 72-08M-30                     | 6WF         | GG     | 183,35     | 181,97     | 192,00     | 95,00      | 158,00     | 38,0      | 48,0      | 15,0      | 4,80      |
|               | 50              | 72-08M-50                     | 10WF        | GG     | 183,35     | 181,97     | 192,00     | 100,00     | 158,00     | 60,0      | 60,0      | 18,0      | 6,80      |
|               | 85              | 72-08M-85                     | 10WF        | GG     | 183,35     | 181,97     | 192,00     | 110,00     | 158,00     | 95,0      | 95,0      | 20,0      | 11,40     |
| 80            | 20              | 80-08M-20                     | 6A          | GG     | 203,72     | 202,35     | -          | 90,00      | 180,00     | 28,0      | 38,0      | 15,0      | 3,80      |
|               | 30              | 80-08M-30                     | 6A          | GG     | 203,72     | 202,35     | -          | 100,00     | 180,00     | 38,0      | 48,0      | 15,0      | 5,10      |
|               | 50              | 80-08M-50                     | 10A         | GG     | 203,72     | 202,35     | -          | 110,00     | 180,00     | 60,0      | 60,0      | 18,0      | 6,90      |
|               | 85              | 80-08M-85                     | 10A         | GG     | 203,72     | 202,35     | -          | 110,00     | 180,00     | 95,0      | 95,0      | 20,0      | 11,10     |
| 90            | 20              | 90-08M-20                     | 6A          | GG     | 229,18     | 227,81     | -          | 90,00      | 204,00     | 28,0      | 38,0      | 15,0      | 4,20      |
|               | 30              | 90-08M-30                     | 6A          | GG     | 229,18     | 227,81     | -          | 100,00     | 204,00     | 38,0      | 48,0      | 15,0      | 5,70      |
|               | 50              | 90-08M-50                     | 10A         | GG     | 229,18     | 227,81     | -          | 110,00     | 204,00     | 60,0      | 60,0      | 18,0      | 8,60      |
|               | 85              | 90-08M-85                     | 10A         | GG     | 229,18     | 227,81     | -          | 110,00     | 204,00     | 95,0      | 95,0      | 20,0      | 13,20     |
| 112           | 20              | 112-08M-20                    | 6A          | GG     | 285,21     | 283,83     | -          | 90,00      | 260,00     | 28,0      | 38,0      | 18,0      | 5,20      |
|               | 30              | 112-08M-30                    | 6A          | GG     | 285,21     | 283,83     | -          | 100,00     | 260,00     | 38,0      | 48,0      | 18,0      | 6,80      |
|               | 50              | 112-08M-50                    | 10A         | GG     | 285,21     | 283,83     | -          | 110,00     | 260,00     | 60,0      | 60,0      | 18,0      | 9,60      |
|               | 85              | 112-08M-85                    | 10A         | GG     | 285,21     | 283,83     | -          | 110,00     | 260,00     | 95,0      | 95,0      | 24,0      | 16,30     |



Příloha 8: Výběr řemenu – délky [7]

Více informací na stránce

TYMA

Ozubené řemeny HTD

Timing belt HTD

HTD 08M

TUV SUD

certified

08M

t = 8,0 mm

hs = 5,6 mm

ht = 3,4 mm

Continental

CONTITECH

Objednací číslo / Part.No.

08M - 480 - 20

08M... Profil, rozteč zubů / tooth pitch

480... Délka řemenu / Belt length

20 ... Šířka řemenu / belt width

Typ HTD - rozteč 8,0mm / HTD 08M - Pitch 8,0mm

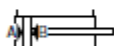
| Typ / Obj.č.<br>Part.No. | Délka řemenu<br>Pitch length<br>[mm] | Počet zubů<br>No. of Teeth | Typ 20<br>Šířka 20 mm<br>Width 20 mm | Typ 30<br>Šířka 30 mm<br>Width 30 mm | Typ 50<br>Šířka 50 mm<br>Width 50 mm | Typ 85<br>Šířka 85 mm<br>Width 85 mm | Šířka rukávu<br>Sleeve width<br>[mm] |
|--------------------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 08M - 1184               | 1184,00                              | 148                        | 08M-1184-20                          | 08M-1184-30                          | 08M-1184-50                          | 08M-1184-85                          | CT480,00                             |
| 08M - 1200               | 1200,00                              | 150                        | 08M-1200-20                          | 08M-1200-30                          | 08M-1200-50                          | 08M-1200-85                          |                                      |
| 08M - 1216               | 1216,00                              | 152                        | 08M-1216-20                          | 08M-1216-30                          | 08M-1216-50                          | 08M-1216-85                          |                                      |
| 08M - 1224               | 1224,00                              | 153                        | 08M-1224-20                          | 08M-1224-30                          | 08M-1224-50                          | 08M-1224-85                          |                                      |
| 08M - 1248               | 1248,00                              | 156                        | 08M-1248-20                          | 08M-1248-30                          | 08M-1248-50                          | 08M-1248-85                          | CT480,00                             |
| 08M - 1256               | 1256,00                              | 157                        | 08M-1256-20                          | 08M-1256-30                          | 08M-1256-50                          | 08M-1256-85                          |                                      |
| 08M - 1264               | 1264,00                              | 158                        | 08M-1264-20                          | 08M-1264-30                          | 08M-1264-50                          | 08M-1264-85                          |                                      |
| 08M - 1280               | 1280,00                              | 160                        | 08M-1280-20                          | 08M-1280-30                          | 08M-1280-50                          | 08M-1280-85                          |                                      |
| 08M - 1304               | 1304,00                              | 163                        | 08M-1304-20                          | 08M-1304-30                          | 08M-1304-50                          | 08M-1304-85                          | CT480,00                             |
| 08M - 1328               | 1328,00                              | 166                        | 08M-1328-20                          | 08M-1328-30                          | 08M-1328-50                          | 08M-1328-85                          |                                      |
| 08M - 1344               | 1344,00                              | 168                        | 08M-1344-20                          | 08M-1344-30                          | 08M-1344-50                          | 08M-1344-85                          |                                      |
| 08M - 1352               | 1352,00                              | 169                        | 08M-1352-20                          | 08M-1352-30                          | 08M-1352-50                          | 08M-1352-85                          |                                      |
| 08M - 1360               | 1360,00                              | 170                        | 08M-1360-20                          | 08M-1360-30                          | 08M-1360-50                          | 08M-1360-85                          | CT480,00                             |
| 08M - 1400               | 1400,00                              | 175                        | 08M-1400-20                          | 08M-1400-30                          | 08M-1400-50                          | 08M-1400-85                          |                                      |
| 08M - 1424               | 1424,00                              | 178                        | 08M-1424-20                          | 08M-1424-30                          | 08M-1424-50                          | 08M-1424-85                          |                                      |
| 08M - 1432               | 1432,00                              | 179                        | 08M-1432-20                          | 08M-1432-30                          | 08M-1432-50                          | 08M-1432-85                          |                                      |
| 08M - 1440               | 1440,00                              | 180                        | 08M-1440-20                          | 08M-1440-30                          | 08M-1440-50                          | 08M-1440-85                          | CT480,00                             |
| 08M - 1464               | 1464,00                              | 183                        | 08M-1464-20                          | 08M-1464-30                          | 08M-1464-50                          | 08M-1464-85                          |                                      |
| 08M - 1512               | 1512,00                              | 189                        | 08M-1512-20                          | 08M-1512-30                          | 08M-1512-50                          | 08M-1512-85                          |                                      |
| 08M - 1520               | 1520,00                              | 190                        | 08M-1520-20                          | 08M-1520-30                          | 08M-1520-50                          | 08M-1520-85                          |                                      |
| 08M - 1552               | 1552,00                              | 194                        | 08M-1552-20                          | 08M-1552-30                          | 08M-1552-50                          | 08M-1552-85                          | CT480,00                             |
| 08M - 1584               | 1584,00                              | 198                        | 08M-1584-20                          | 08M-1584-30                          | 08M-1584-50                          | 08M-1584-85                          |                                      |
| 08M - 1600               | 1600,00                              | 200                        | 08M-1600-20                          | 08M-1600-30                          | 08M-1600-50                          | 08M-1600-85                          |                                      |
| 08M - 1680               | 1680,00                              | 210                        | 08M-1680-20                          | 08M-1680-30                          | 08M-1680-50                          | 08M-1680-85                          |                                      |
| 08M - 1696               | 1696,00                              | 212                        | 08M-1696-20                          | 08M-1696-30                          | 08M-1696-50                          | 08M-1696-85                          | CT480,00                             |
| 08M - 1728               | 1728,00                              | 216                        | 08M-1728-20                          | 08M-1728-30                          | 08M-1728-50                          | 08M-1728-85                          |                                      |
| 08M - 1760               | 1760,00                              | 220                        | 08M-1760-20                          | 08M-1760-30                          | 08M-1760-50                          | 08M-1760-85                          |                                      |
| 08M - 1800               | 1800,00                              | 225                        | 08M-1800-20                          | 08M-1800-30                          | 08M-1800-50                          | 08M-1800-85                          |                                      |



Příloha 9: Síla a plocha pístu [11]

## Síla na pístu a spotřeba vzduchu pro standardní válce

|  |    | průměr pístu (mm) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |
|--|----|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
|  |    | 8                 | 10    | 12    | 16    | 20    | 25    | 32    | 40    | 50    | 63    | 80    | 100   | 125    | 160    | 200    | 250    | 320    |
| Plocha pístu*<br>(cm²)   | A  | 0,5               | 0,8   | 1,1   | 2,0   | 3,1   | 4,9   | 8,0   | 12,6  | 19,6  | 31,2  | 50,0  | 78,0  | 122,7  | 201,0  | 314,1  | 490,8  | 804    |
|  | B  | 0,38              | 0,65  | 0,85  | 1,7   | 2,6   | 4,1   | 6,9   | 10,6  | 16,5  | 28,0  | 45,4  | 73,6  | 114,7  | 188,5  | 301,5  | 471,2  | 773    |
| ca. síla na<br>pístu (kN)<br>při...barech                          | 1  | 0,0045            | 0,007 | 0,010 | 0,018 | 0,028 | 0,044 | 0,072 | 0,113 | 0,176 | 0,281 | 0,452 | 0,706 | 1,104  | 1,809  | 2,827  | 4,417  | 7,236  |
|  | 2  | 0,0090            | 0,014 | 0,020 | 0,036 | 0,056 | 0,088 | 0,144 | 0,226 | 0,353 | 0,561 | 0,905 | 1,413 | 2,209  | 3,619  | 5,654  | 8,835  | 14,476 |
|  | 3  | 0,0135            | 0,021 | 0,030 | 0,054 | 0,084 | 0,132 | 0,217 | 0,339 | 0,530 | 0,842 | 1,357 | 2,120 | 3,313  | 5,428  | 8,482  | 13,253 | 21,715 |
|  | 4  | 0,0180            | 0,028 | 0,040 | 0,072 | 0,113 | 0,176 | 0,289 | 0,452 | 0,707 | 1,122 | 1,809 | 2,827 | 4,417  | 7,238  | 11,309 | 17,671 | 28,953 |
|  | 5  | 0,0225            | 0,035 | 0,050 | 0,090 | 0,141 | 0,220 | 0,362 | 0,565 | 0,884 | 1,402 | 2,262 | 3,534 | 5,522  | 9,407  | 14,137 | 22,089 | 36,191 |
|  | 6  | 0,0270            | 0,042 | 0,060 | 0,108 | 0,169 | 0,265 | 0,434 | 0,678 | 1,060 | 1,683 | 2,714 | 4,241 | 6,626  | 10,857 | 16,964 | 26,507 | 43,429 |
|  | 7  | 0,0315            | 0,049 | 0,070 | 0,126 | 0,197 | 0,309 | 0,506 | 0,792 | 1,237 | 1,963 | 3,167 | 4,948 | 7,731  | 12,666 | 19,792 | 30,952 | 50,652 |
|  | 8  | 0,0360            | 0,056 | 0,080 | 0,144 | 0,226 | 0,353 | 0,579 | 0,905 | 1,414 | 2,244 | 3,619 | 5,654 | 8,835  | 14,476 | 22,619 | 35,342 | 57,788 |
|  | 9  | 0,0405            | 0,063 | 0,090 | 0,162 | 0,254 | 0,397 | 0,651 | 1,018 | 1,590 | 2,524 | 4,071 | 6,361 | 9,940  | 16,286 | 25,447 | 39,760 | 65,124 |
|  | 10 | 0,0450            | 0,070 | 0,100 | 0,180 | 0,282 | 0,441 | 0,723 | 1,131 | 1,767 | 2,805 | 4,523 | 7,068 | 11,044 | 18,095 | 28,274 | 44,178 | 72,360 |
| ca. spotřeba<br>vzduchu<br>(dm³/100 mm<br>zdvihu<br>při...barech¹) | 1  | 0,010             | 0,016 | 0,02  | 0,04  | 0,06  | 0,09  | 0,18  | 0,30  | 0,46  | 0,71  | 1,20  | 1,90  | 2,65   | 4,60   | 6,90   | 10,80  | 16,50  |
|  | 2  | 0,015             | 0,024 | 0,03  | 0,06  | 0,09  | 0,14  | 0,27  | 0,43  | 0,69  | 1,00  | 1,85  | 2,85  | 4,10   | 6,90   | 10,40  | 16,30  | 24,50  |
|  | 3  | 0,020             | 0,032 | 0,04  | 0,08  | 0,12  | 0,19  | 0,36  | 0,58  | 0,92  | 1,40  | 2,45  | 3,80  | 5,50   | 9,20   | 13,90  | 21,80  | 32,50  |
|  | 4  | 0,025             | 0,040 | 0,05  | 0,10  | 0,15  | 0,24  | 0,45  | 0,72  | 1,15  | 1,75  | 3,00  | 4,75  | 6,95   | 11,50  | 17,40  | 27,20  | 40,50  |
|  | 5  | 0,030             | 0,048 | 0,06  | 0,12  | 0,18  | 0,29  | 0,55  | 0,86  | 1,40  | 2,10  | 3,65  | 5,70  | 8,40   | 13,80  | 20,90  | 32,70  | 48,00  |
| Hodnoty<br>platí pro plo-<br>chu pístu A<br>(viz symbol)           | 6  | 0,035             | 0,056 | 0,07  | 0,14  | 0,21  | 0,34  | 0,65  | 1,00  | 1,60  | 2,50  | 4,25  | 6,60  | 9,70   | 16,00  | 24,40  | 38,20  | 56,50  |
|  | 7  | 0,040             | 0,064 | 0,08  | 0,16  | 0,25  | 0,39  | 0,73  | 1,15  | 1,80  | 2,85  | 4,85  | 7,60  | 11,15  | 18,30  | 27,90  | 43,70  | 64,50  |
|  | 8  | 0,045             | 0,072 | 0,09  | 0,18  | 0,28  | 0,41  | 0,82  | 1,30  | 2,00  | 3,20  | 5,45  | 8,50  | 12,55  | 20,60  | 31,50  | 49,20  | 72,50  |
|  | 9  | 0,050             | 0,080 | 0,10  | 0,20  | 0,31  | 0,49  | 0,90  | 1,45  | 2,30  | 3,55  | 6,10  | 9,50  | 14,00  | 22,90  | 35,00  | 54,60  | 80,50  |
|  | 10 | 0,055             | 0,088 | 0,11  | 0,22  | 0,34  | 0,53  | 1,00  | 1,60  | 2,50  | 3,90  | 6,40  | 10,40 | 15,40  | 25,20  | 38,50  | 60,10  | 89,00  |



\* A = plocha pístu ze strany spodního víka  
B = plocha pístu na straně pístnice

Vzorec pro výpočet síly:

$$F = p \cdot A - R$$

A = plocha pístu

P = tlak v bar

R = tření cca 10%

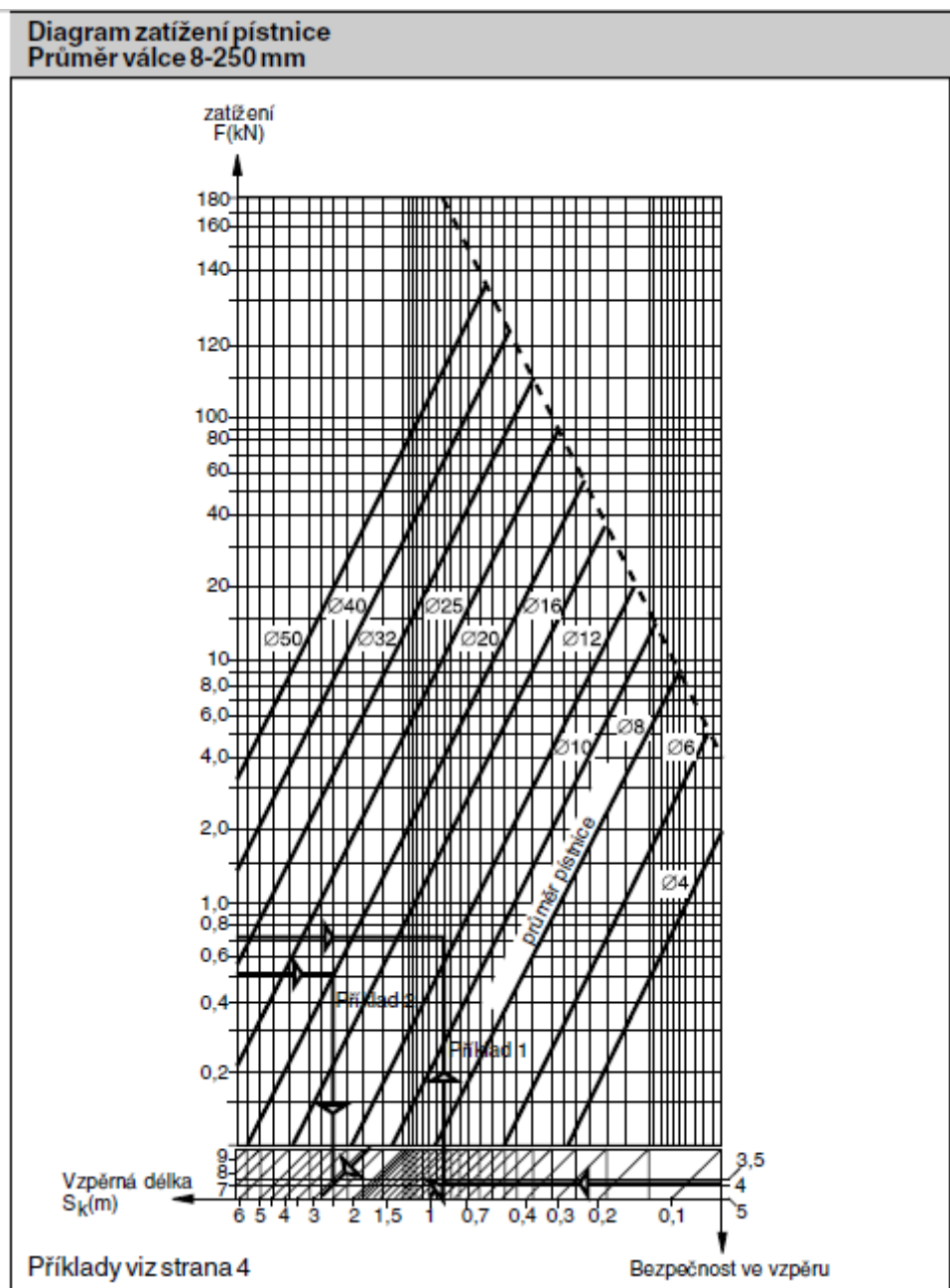
¹ Spotřeba vzduchu dm³/100 mm zdvihu, vztahena na stav nasávání. K tomu je nutno zohlednit také objem vzduchu v rozvodu.

Uvedené hodnoty platí pro plochu pístu A. Hodnoty pro plochu pístu B se změní ve stejném poměru jako je poměr plochy pístu A ku B.





Příloha 10: Kontrola pístu na vzpěr [10]



Příloha 11: FMEA



| Prvek           | Projev možné vady                         | Možné důsledky vady   | V | Možné příčiny vady                                      | Z  | D | RČ  | Opatření  | Provedená opatření     | V | Z  | D | RČ |
|-----------------|---|---|---|---|----|---|-----|---|------------------------|---|----|---|----|
| Nosný rám       | Chybí spojovací prvek                     | Konstrukce nemá požadovanou nostnost, v zborcení konstrukce a                 | 3 | Nepozornost při montáži                                 | 10 | 2 | 60  | Závěrečná kontrola zda byly použity všechny spojovací prvky dle kusuovníku                                  | realizovat při montáži | 1 | 10 | 1 | 10 |
|                 | Šroub není dotažen na předepsaný Mk       | Konstrukce nemá požadovanou nostnost, v krajním případě zborcení konstrukce a | 4 | Přehlédnutí   | 10 | 8 | 320 | 100% kontrola utahovacího Mk šroubu, za pomoci momentového klíče; zkontrolované šrouby označit např. barvou | realizovat při montáži | 1 | 10 | 1 | 10 |
| Otočné zařízení | Prasklý ozubený                           | Zranění operátora   | 3 | Opotřebení a poškození.                                 | 10 | 1 | 30  | Zakrytování části stroje, kde hrozí zranění operátora   | realizováno            | 1 | 5  | 1 | 5  |
|                 | Volný ozubený řemen                       | Opotřebení řemene, snížení přenosu výkonu                                     | 4 | Není doržena správná osová vzdálenost (uvolněné šrouby) | 6  | 4 | 96  | 100% kontrola utahovacího Mk šroubu, za pomoci momentového klíče; zkontrolované šrouby označit např. barvou | realizovat při montáži | 1 | 6  | 1 | 6  |
|                 | Uvolněný otočný stůl                      | Zranění operátora   | 4 | Nedotažené šrouby příruby                               | 10 | 1 | 40  | 100% kontrola utahovacího Mk šroubu, za pomoci momentového klíče; zkontrolované šrouby označit např. barvou | realizovat při montáži | 1 | 10 | 1 | 10 |
|                 | Zborcení stolu                            | Zranění operátora   | 4 | Nedotažené šrouby příruby v tělese ložisek              | 10 | 1 | 40  | 100% kontrola utahovacího Mk šroubu, za pomoci momentového klíče; zkontrolované šrouby označit např. barvou | realizovat při montáži | 1 | 10 | 1 | 10 |
|                 | Otočné zařízení se posunující se řemenice | Stroj nepracuje   | 2 | Špatně zapojena pneumat. rozvod                         | 10 | 1 | 20  | funkční zkouška   | realizovat při montáži | 1 | 10 | 1 | 10 |
|                 |   | Poškození řemenu, vibrace.  | 2 | Chybí pojistné kroužky                                  | 6  | 3 | 36  | funkční zkouška   | realizovat při montáži | 1 | 6  | 1 | 6  |



| Prvek                           | Projev možné vady                            | Možné důsledky vady    | V | Možné příčiny vady                              | Z  | D | RČ | Opatření        | Provedená opatření     | V | Z  | D | RČ |
|---------------------------------|--|------------------------|---|---|----|---|----|-----------------|------------------------|---|----|---|----|
| Nanášeči zařízení               | Nepohybuje se                                | Stroj nepracuje        | 2 | Špatně zapojena pneumat. rozvod                 | 10 | 1 | 20 | funkční zkouška | realizovat při montáži | 1 | 10 | 1 | 10 |
|                                 | Nedrží požadovnou výšku                      | Stroj nepracuje        | 3 | Není utažen aretační šroub, chybí spodní matice | 10 | 1 | 30 | funkční zkouška | realizovat při montáži | 1 | 10 | 1 | 10 |
|                                 | Ozubená kola, válečky se neotáčí             | Stroj nepracuje        | 2 | Chybí ložiska, jsou poškozena                   | 10 | 1 | 20 | funkční zkouška | realizovat při montáži | 1 | 10 | 1 | 10 |
|                                 | Ozubená kola, válečky se se v axiálním směru | Stroj pracuje nepřesně | 2 | Chybí pojistné kroužky                          | 10 | 1 | 20 | funkční zkouška | realizovat při montáži | 1 | 10 | 1 | 10 |
| Zařízení pro připevnění těsnění | Lisovací deska se nepohybuje                 | Stroj nepracuje        | 2 | Špatně zapojena pneumat. rozvod                 | 10 | 1 | 20 | funkční zkouška | realizovat při montáži | 1 | 10 | 1 | 10 |
|                                 | Lisovací deska netěsní                       | Stroj nepracuje        | 2 | Chybí těsnění                                   | 10 | 1 | 20 | funkční zkouška | realizovat při montáži | 1 | 10 | 1 | 10 |
|                                 |  | Stroj nepracuje        | 4 | Nedotažené šrouby                               | 10 | 1 | 40 | funkční zkouška | realizovat při montáži | 1 | 10 | 1 | 10 |